ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13/28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (21) 3974-2300
Fax: (21) 2240-8249/2220-6436
Endereço eletrônico:
www.abnt.org.br

DEZ 2003 | **NBR 14039**

Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

Origem: Projeto NBR 14039:2003
ABNT/CB-03 - Comitê Brasileiro de Eletricidade
CE-03:064.11 - Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Alta e Média Tensão
NBR 14039 - Electrical Installations - Medium voltage
Descriptors: Electrical installation. Medium voltage
Esta Norma foi baseada nas NF C 13-200:1987 e IEC 61936-1:2002
Esta Norma substitui a NBR 14039:2000
Válida a partir de 30.01.2004

Palavras-chave: Instalação elétrica. Média tensão | 65 páginas

Sumário

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma contém o anexo A, de caráter normativo.

1 Objetivo

1.1 Esta Norma estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV, à freqüência industrial, de modo a garantir segurança e continuidade de serviço.

1.2 Esta Norma aplica-se a partir de instalações alimentadas pelo concessionário, o que corresponde ao ponto de entrega definido através da legislação vigente emanada da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esta Norma também se aplica a instalações alimentadas por fonte própria de energia em média tensão.

1.3 Esta Norma abrange as instalações de geração, distribuição e utilização de energia elétrica, sem prejuízo das disposições particulares relativas aos locais e condições especiais de utilização constantes nas respectivas normas. As instalações especiais, tais como marítimas, de tração elétrica, de usinas, pedreiras, luminosas com gases (neônio e semelhantes), devem obedecer, além desta Norma, às normas específicas aplicáveis em cada caso.

1.4 As prescrições desta Norma constituem as exigências mínimas a que devem obedecer as instalações elétricas às quais se refere, para que não venham, por suas deficiências, prejudicar e perturbar as instalações vizinhas ou causar danos a pessoas e animais e à conservação dos bens e do meio ambiente.

1.5 Esta Norma aplica-se às instalações novas, às reformas em instalações existentes e às instalações de caráter permanente ou temporário.

NOTA - Modificações destinadas a, por exemplo, acomodar novos equipamentos ou substituir os existentes não implicam necessariamente reforma total da instalação.

1.6 Os componentes da instalação são considerados apenas no que concerne à sua seleção e às suas condições de instalação. Isto é igualmente válido para conjuntos pré-fabricados de componentes que tenham sido submetidos aos ensaios de tipo aplicáveis.

1.7 A aplicação desta Norma não dispensa o respeito aos regulamentos de órgãos públicos aos quais a instalação deva satisfazer. Em particular, no trecho entre o ponto de entrega e a origem da instalação, pode ser necessário, além das prescrições desta Norma, o atendimento das normas e/ou padrões do concessionário quanto à conformidade dos valores de graduação (sobrecorrentes temporizadas e instantâneas de fase/neutro) e capacidade de interrupção da potência de curto-circuito.

NOTA - A Resolução 456:2000 da ANEEL define que ponto de entrega é ponto de conexão do sistema elétrico da concessionária com as instalações elétricas da unidade consumidora, caracterizando-se como o limite de responsabilidade do fornecimento.

1.8 Esta Norma não se aplica:

a) às instalações elétricas de concessionários dos serviços de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, no exercício de suas funções em serviço de utilidade pública;

b) às instalações de cercas eletrificadas;

c) trabalhos com circuitos energizados.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

NBR 5410:1997 - Instalações elétricas de baixa tensão

NBR 5413:1992 - Iluminância de interiores - Procedimento

NBR 5433:1982 - Redes de distribuição aérea rural de energia elétrica - Padronização

NBR 5434:1982 - Redes de distribuição aérea urbana de energia elétrica - Padronização

NBR 5460:1992 - Sistemas elétricos de potência - Terminologia

NBR 5463:1992 - Tarifas e mercado de energia elétrica - Terminologia

NBR 6146:1980 - Invólucros de equipamentos elétricos - Proteção - Especificação

NBR 6251:2000 - Cabos de potência com isolação extrudada para tensões de 1 kV a 35 kV - Requisitos construtivos

NBR 6979:1998 - Conjunto de manobra e controle em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até 36,2 kV - Especificação

NBR 7282:1989 - Dispositivos fusíveis tipo expulsão - Especificação

NBR 8451:1998 - Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação

NBR 8453:1984 - Cruzeta de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação

NBR 8456:1984 - Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação

NBR 8458:1984 - Cruzetas de madeira para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação

NBR 8669:1984 - Dispositivos fusíveis limitadores de corrente - Especificação

NBR 9511:1997 - Cabos elétricos - Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento

NBR 10478:1988 - Cláusulas comuns a equipamentos elétricos de manobra de tensão nominal acima de 1 kV - Especificação

NBR 11301:1990 - Cálculo da capacidade de condução de corrente de cabos isolados em regime permanente (fator de carga 100%) - Procedimento

NBR IEC 60050 (826):1997 - Vocabulário eletrotécnico internacional - Capítulo 826: Instalações elétricas em edificações

IEC 60038:2002 - IEC standards voltages

IEC 60909-0:2001 - Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents

IEC 60949:1988 - Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-diabatic heating effects

IEC-CISPR 18-1:1982 - Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 1: Description of phenomena

IEC-CISPR 18-2:1996 - Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits

IEC-CISPR 18-3:1996 - Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 3: Code of practice for minimizing the generation of radio noise

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as definições das NBR 5460, NBR 5463 e NBR IEC 60050 (826), e as seguintes:

3.1 barramento blindado: Componente da instalação constituído de condutor rígido, sustentado por isoladores e protegido por invólucro metálico ou material com resistência equivalente.

3.2 cabos aéreos isolados: Cabos que, com isolação adequada, não estando em contato com o solo nem instalados em eletrodutos ou canaletas, permanecem em contato direto com o ambiente. Podem ser auto-sustentados e não auto-sustentados.

3.3 cabos auto-sustentados: Cabos aéreos que, devido à sua construção, resistem a todos os esforços mecânicos decorrentes de sua instalação, sem o emprego de dispositivos suplementares de sustentação.

3.4 cabos não auto-sustentados: Cabos aéreos que exigem dispositivos auxiliares para a sua sustentação e para resistir aos esforços decorrentes de sua instalação.

3.5 origem da instalação

3.5.1 nas instalações alimentadas diretamente por rede de distribuição pública em média tensão corresponde aos terminais de saída do dispositivo geral de comando e proteção; no caso excepcional em que tal dispositivo se encontre antes da medição, a origem corresponde aos terminais de saída do transformador de instrumento de medição.

3.5.2 nas instalações alimentadas por subestação de transformação, corresponde aos terminais de saída do transformador; se a subestação possuir vários transformadores não ligados em paralelo, a cada transformador corresponde uma origem, havendo tantas instalações quantos forem os transformadores.

3.5.3 nas instalações alimentadas por fonte própria de energia em baixa tensão, a origem é considerada de forma a incluir a fonte como parte da instalação.

3.6 subestação de entrada de energia: Subestação que é alimentada pela rede de distribuição de energia do concessionário e que contém o ponto de entrega e a origem da instalação.

3.7 subestação transformadora: Subestação que alimenta um ou mais transformadores conectados a equipamentos diversos.

3.8 subestação unitária: Subestação que possui e, ou alimenta apenas um transformador de potência.

4 Princípios fundamentais e determinação das características gerais

As instalações e equipamentos devem ser capazes de suportar as influências ambientais, elétricas, mecânicas e climáticas previstas para o local de instalação.

4.1 Prescrições fundamentais

Em 4.1.1 a 4.1.11 são indicadas prescrições fundamentais destinadas a garantir a segurança de pessoas, e de animais e a conservação dos bens e do meio ambiente contra os perigos e danos que possam resultar da utilização das instalações elétricas, em condições que possam ser previstas.

4.1.1 Proteção contra choques elétricos

4.1.1.1 Proteção contra contatos diretos

As pessoas e os animais devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato com partes vivas da instalação.

4.1.1.2 Proteção contra contatos indiretos

As pessoas e os animais devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato com massas colocadas acidentalmente sob tensão.

4.1.2 Proteção contra efeitos térmicos

A instalação elétrica deve estar disposta de maneira a excluir qualquer risco de incêndio de materiais inflamáveis devido a temperaturas elevadas ou arcos elétricos. Além disso, em serviço normal, as pessoas e os animais não devem correr riscos de queimaduras.

4.1.3 Proteção contra sobrecorrentes

4.1.3.1 Proteção contra correntes de sobrecarga

Todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente nesse circuito quando esta, em pelo menos um de seus condutores, ultrapassar o valor da capacidade de condução de corrente nominal e, em caso de passagem prolongada, possa provocar uma deterioração da instalação.

4.1.3.2 Proteção contra correntes de curto-circuito

Todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente nesse circuito quando pelo menos um de seus condutores for percorrido por uma corrente de curto-circuito, devendo a interrupção ocorrer num tempo suficientemente curto para evitar a deterioração da instalação.

4.1.4 Proteção contra sobretensões

As pessoas, os animais e os bens devem ser protegidos contra as conseqüências prejudiciais devidas a uma falta elétrica entre partes vivas de circuitos com tensões nominais diferentes e a outras causas que possam resultar em sobretensões (fenômenos atmosféricos, sobretensões de manobra etc.).

4.1.5 Seccionamento e comando

4.1.5.1 Dispositivos de parada de emergência

Se for necessário, em caso de perigo, desenergizar um circuito, deve ser instalado um dispositivo de desligamento de emergência, facilmente identificável e rapidamente manobrável.

4.1.5.2 Dispositivos de seccionamento

Devem ser previstos meios para permitir o seccionamento adequado da instalação elétrica, dos circuitos ou dos equipamentos individuais, para manutenção, verificação, localização de defeitos e reparos.

4.1.6 Independência da instalação elétrica

A instalação elétrica deve ser disposta de modo a excluir qualquer influência danosa entre a instalação elétrica e as instalações não elétricas.

4.1.7 Acessibilidade dos componentes

Os componentes da instalação elétrica devem ser dispostos de modo a permitir:

a) espaço suficiente para a instalação inicial e eventual substituição posterior dos componentes individuais;

b) acessibilidade para fins de serviço, verificação, manutenção e reparos.

4.1.8 Condições de alimentação

As características dos componentes devem ser adequadas às condições de alimentação da instalação elétrica na qual sejam utilizados.

4.1.9 Condições de instalação

Qualquer componente deve possuir, por construção, características adequadas ao local onde é instalado, que lhe permitam suportar as solicitações a que possa ser submetido. Se, no entanto, um componente não apresentar, por construção, as características adequadas, ele pode ser utilizado sempre que provido de uma proteção complementar apropriada, quando da execução da instalação.

4.1.10 O projeto, a execução, a verificação e a manutenção das instalações elétricas só devem ser confiados a pessoas qualificadas a conceber e executar os trabalhos em conformidade com esta Norma.

4.1.11 Devem ser determinadas as seguintes características da instalação, em conformidade com o indicado a seguir:

a) utilização prevista, alimentação e estrutura geral (ver 4.2);

b) influências externas às quais está submetida (ver 4.3);

c) manutenção (ver 4.4).

Essas características devem ser consideradas na escolha das medidas de proteção para garantir a segurança (ver seção 5) e na seleção e instalação dos componentes (ver seção 6).

4.2 Alimentação e estrutura geral

4.2.1 Potência de alimentação

4.2.1.1 Generalidades

A determinação da potência de alimentação é essencial para a concepção econômica e segura de uma instalação nos limites adequados de temperatura e de queda de tensão.

Na determinação da potência de alimentação de uma instalação ou de parte de uma instalação, devem-se prever os equipamentos a serem instalados, com suas respectivas potências nominais e, após isso, considerar as possibilidades de não simultaneidade de funcionamento destes equipamentos, bem como capacidade de reserva para futuras ampliações.

4.2.1.2 Previsão de carga

A previsão de carga de uma instalação deve ser feita obedecendo-se às prescrições citadas a seguir:

a) a carga a considerar para um equipamento de utilização é a sua potência nominal absorvida, dada pelo fabricante ou calculada a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência;

b) nos casos em que for dada a potência nominal fornecida pelo equipamento (potência de saída), e não a absorvida, devem ser considerados o rendimento e o fator de potência.

4.2.2 Limitação das perturbações

As instalações ligadas a uma rede de distribuição pública não devem prejudicar o funcionamento desta distribuição em serviço normal, da mesma forma que os aparelhos que fazem parte da instalação, quando em operação, não devem causar perturbações significativas na rede.

4.2.3 Esquemas de aterramento

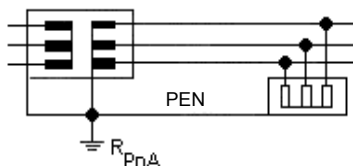
Nesta Norma são considerados os esquemas de aterramento descritos a seguir, com as seguintes observações:

a) as figuras 1 a 6 mostram exemplos de sistemas trifásicos comumente utilizados;

b) para classificação dos esquemas de aterramento é utilizada a seguinte simbologia:

- primeira letra - situação da alimentação em relação à terra:
  - T = um ponto de alimentação (geralmente o neutro) diretamente aterrado;
  - I = isolação de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de uma impedância;
- segunda letra - situação das massas da instalação elétrica em relação à terra:
  - T = massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual do ponto de alimentação;
  - N = massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o neutro);
- terceira letra – situação de ligações eventuais com as massas da subestação:
  - R = as massas da subestação estão ligadas simultaneamente ao aterramento do neutro da instalação e às massas da instalação;
  - N = as massas da subestação estão ligadas diretamente ao aterramento do neutro da instalação, mas não estão ligadas às massas da instalação;
  - S = as massas da subestação estão ligadas a um aterramento eletricamente separado daquele do neutro e daquele das massas da instalação.

4.2.3.1 Esquema TNR

O esquema TNR possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas da instalação e da subestação ligadas a esse ponto através de condutores de proteção (PE) ou condutor de proteção com função combinada de neutro (PEN). Nesse esquema, toda corrente de falta direta fase-massa é uma corrente de curto-circuito (figura 1).

onde:

R_{PnA} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação, do neutro e das massas da instalação.

Figura 1 - Esquema TNR

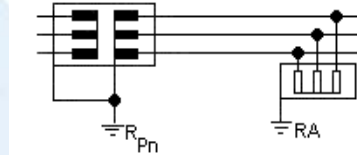
4.2.3.2 Esquemas TTN e TTS

Os esquemas TTx possuem um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da subestação.

Nesse esquema, as correntes de falta direta fase-massa devem ser inferiores a uma corrente de curto-circuito, sendo, porém suficientes para provocar o surgimento de tensões de contato perigosas.

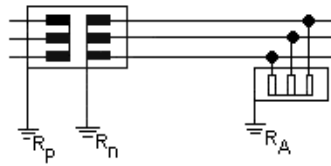
São considerados dois tipos de esquemas, TTN e TTS, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção das massas da subestação, a saber:

a) esquema TTN, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a um único eletrodo de aterramento (figura 2);

b) esquema TTS, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a eletrodos de aterramento distintos (figura 3).

onde:

R_{pn} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação e do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 2 - Esquema TTN

onde:

R_p é a resistência do eletrodo de aterramento da subestação;

R_n é a resistência do eletrodo de aterramento do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 3 - Esquema TTS

4.2.3.3 Esquemas ITN, ITS e ITR

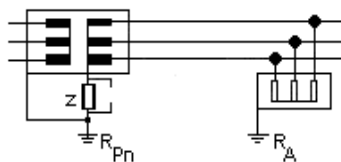
Os esquemas Itx não possuem qualquer ponto da alimentação diretamente aterrado ou possuem um ponto da alimentação aterrado através de uma impedância, estando as massas da instalação ligadas a seus próprios eletrodos de aterramento.

Nesse esquema, a corrente resultante de uma única falta fase-massa não deve ter intensidade suficiente para provocar o surgimento de tensões de contato perigosas.

São considerados três tipos de esquemas, ITN, ITS e ITR, de acordo com a disposição do condutor neutro e dos condutores de proteção das massas da instalação e da subestação, a saber:

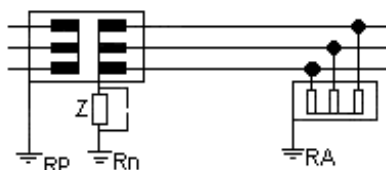
a) esquema ITN, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a um único eletrodo de aterramento e as massas da instalação ligadas a um eletrodo distinto (figura 4);

b) esquema ITS, no qual o condutor neutro, os condutores de proteção das massas da subestação e da instalação são ligados a eletrodos de aterramento distintos (figura 5);

c) esquema ITR, no qual o condutor neutro, os condutores de proteção das massas da subestação e da instalação são ligados a um único eletrodo de aterramento (figura 6).

onde:

R_{pn} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação e do neutro;

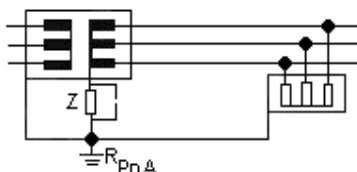
R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 4 - Esquema ITN

onde:

R_p é a resistência do eletrodo de aterramento da subestação;

R_n é a resistência do eletrodo de aterramento do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 5 - Esquema ITS

onde:

R_{pn} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação, do neutro e das massas da instalação.

Figura 6 - Esquema ITR

4.2.3.4 Aterramento do condutor neutro

Quando a instalação for alimentada por concessionário, o condutor neutro, se existir e o concessionário permitir, deve ser aterrado na origem da instalação.

NOTA - Do ponto de vista da instalação, o aterramento do neutro na origem proporciona uma melhoria na equalização de potenciais essencial à segurança.

4.2.4 Alimentação

4.2.4.1 Devem ser determinadas as seguintes características da alimentação, tendo em vista o fornecimento da potência estimada de acordo com 4.2.1:

a) natureza da corrente (ca ou cc);

b) valor da tensão;

c) valor da freqüência;

d) valor da corrente de curto-circuito presumida na origem da instalação.

4.2.4.2 Essas características devem ser obtidas do concessionário de energia elétrica, no caso de fonte externa, e devem ser determinadas, no caso de fonte própria. São aplicáveis tanto para a alimentação normal como para alimentações de segurança e de reserva.

4.2.5 Tensão nominal

4.2.5.1 A tensão nominal da instalação é a maior tensão (valor eficaz) entre fases encontrada em condições normais de operação, em qualquer tempo e ponto da instalação ou parte desta.

NOTA - Uma instalação pode ter várias tensões nominais, uma para cada parte.

4.2.5.2 As tensões nominais da instalação são as seguintes: 3 kV, 4,16 kV, 6 kV, 13,8 kV, 23,1 kV e 34,5 kV.

4.2.5.3 A tensão nominal e a identificação dos circuitos devem ser claramente indicadas.

4.2.5.4 A tensão nominal, padronizada na NBR 10478, dos equipamentos utilizados nas instalações deve ser igual ou superior à tensão nominal da instalação.

4.2.5.5 Os valores de tensão máxima para o equipamento em função da tensão nominal da instalação devem ser selecionados de acordo com a norma do equipamento.

4.2.6 Corrente de curto-circuito

4.2.6.1 As instalações devem ser projetadas e construídas para suportar com segurança os efeitos térmicos e mecânicos resultantes de correntes de curto-circuito.

Quatro tipos de curtos-circuitos devem ser considerados:

a) trifásico;

b) bifásico;

c) entre fase e neutro;

d) entre duas fases e neutro.

NOTA - Exemplos de cálculos de curtos-circuitos e seus efeitos podem ser obtidos nas IEC 60909-0 e IEC 60949.

4.2.6.2 As instalações devem ser providas de dispositivos automáticos para seccionar os curtos-circuitos entre fases, faltas à terra perigosas ou para indicar a condição de falta, dependendo principalmente do esquema de aterramento.

4.2.7 Freqüência nominal

As instalações devem ser projetadas para a freqüência nominal do sistema.

4.2.8 Corona

As instalações devem ser projetadas para que a radiointerferência devida ao efeito corona não exceda os limites estabelecidos em normas e/ou regulamentos específicos sobre o assunto.

NOTA - Exemplos de recomendações para a minimização da radiointerferência das instalações podem ser obtidos na IEC-CISPR 18 Partes 1, 2 e 3.

4.2.9 Características mecânicas

Equipamentos e estruturas de sustentação, incluindo suas fundações, devem suportar as combinações dos vários esforços mecânicos previstos em uma instalação.

NOTA - Os esforços mais usuais a serem considerados são os seguintes: carga de tensionamento, carga de erguimento, carga de vento, forças de comutação, forças de curto-circuito e perda de tensão nos condutores.

4.3 Classificação das influências externas

Esta seção estabelece uma classificação e uma codificação das influências externas que devem ser consideradas na concepção e na execução das instalações elétricas. Cada condição de influência externa é designada por um código que compreende sempre um grupo de duas letras maiúsculas e um número, como descrito a seguir:

a) a primeira letra indica a categoria geral da influência externa:

- A = meio ambiente;

- B = utilização;

- C = construção das edificações;

b) a segunda letra (A, B, C,...) indica a natureza da influência externa;

c) o número (1, 2, 3,...) indica a classe de cada influência externa.

NOTA - A codificação indicada nesta seção não é destinada à marcação dos componentes.

4.3.1 Meio ambiente

4.3.1.1 Temperatura ambiente

A temperatura ambiente (ver tabela 1) a considerar para um componente é a temperatura no local onde deve ser instalado, considerada a influência de todos os demais componentes instalados no local e em funcionamento, não levando em consideração a contribuição térmica do componente considerado.

Tabela 1 - Temperatura ambiente

Código	Classificação	Características	
		Limite inferior °C	Limite superior °C
AA3	Frio	- 25	+ 5
AA4	Temperado	- 5	+ 40
AA5	Quente	+ 5	+ 40
AA6	Muito quente	+ 5	+ 60

NOTAS

1 O valor médio por um período de 24 h não deve ser superior ao limite superior diminuído de 5°C.

2 Para certos ambientes pode ser necessário combinar duas regiões entre as definidas acima. Assim, por exemplo, as instalações situadas no exterior podem ser submetidas a temperaturas ambientes compreendidas entre - 5°C e + 50°C, isto é, AA4 + AA6.

4.3.1.2 Altitude

Conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Altitude

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AC1	Baixa	≤ 1 000 m	Para alguns materiais, medidas especiais podem ser necessárias a partir de 1 000 m de altitude
AC2	Alta	> 1 000 m	

4.3.1.3 Presença de água

Conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Presença de água

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AD1	Desprezível	A probabilidade de presença de água é desprezível	Locais em que as paredes não apresentam geralmente traços de umidade, mas que podem apresentar durante períodos curtos, por exemplo sob forma de lixívia, e que secam rapidamente graças a uma boa aeração
AD2	Quedas de gotas de água	Possibilidade de quedas verticais de água	Locais em que a umidade se condensa ocasionalmente, sob forma de gotas de água, ou em que há a presença ocasional de vapor de água
AD3	Aspersão de água	Possibilidade de chuva caindo numa direção em ângulo máximo de 60°C com a vertical	Locais em que a água, ao respingar, forma uma película nas paredes ou pisos
AD4	Projeções de água	Possibilidade de projeções de água em qualquer direção	Locais em que, além de haver água nas paredes, os componentes da instalação elétrica também são submetidos a projeções de água
AD5	Jatos de água	Possibilidade de jatos de água sob pressão em qualquer direção	Locais que são freqüentemente lavados com ajuda de mangueiras
AD6	Ondas	Possibilidade de ondas de água	Locais situados à beira-mar, tais como *piers*, praias, ancoradouros etc.
AD7	Imersão	Possibilidade de recobrimento intermitente, parcial ou total, por água	Locais suscetíveis de serem inundados e/ou onde a água possa se elevar no mínimo a 15 cm acima do ponto mais elevado do equipamento, estando a parte mais baixa do equipamento a no máximo 1 m abaixo da superfície da água
AD8	Submersão	Possibilidade de total recobrimento por água de modo permanente	Locais onde os componentes da instalação elétrica sejam totalmente cobertos de água, de maneira permanente, sob uma pressão superior a 10 kPa (0,1 bar, 1 m de água)

4.3.1.4 Presença de corpos sólidos

Conforme a tabela 4.

Tabela 4 - Presença de corpos sólidos

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AE1	Desprezível	Não existe nenhuma quantidade apreciável de poeira ou de corpos estranhos	Instalações onde não são manipulados objetos pequenos
AE2	Objetos pequenos	Presença de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 2,5 mm	Ferramentas e pequenos objetos são exemplos de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 2,5 mm
AE3	Objetos muito pequenos	Presença de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 1 mm	Fios são exemplos de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 1 mm
AE4	Poeira	Presença de poeira em quantidade apreciável	Locais empoeirados. Quando as poeiras forem inflamáveis, condutoras, corrosivas ou abrasivas, deve-se considerar simultaneamente outras classes de influências externas, se necessário
NOTA - Nas condições AE2 e AE3 pode existir poeira, desde que esta não tenha influência sobre os materiais elétricos.			

4.3.1.5 Presença de substâncias corrosivas ou poluentes

Conforme a tabela 5.

Tabela 5 - Presença de substâncias corrosivas ou poluentes

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AF1	Desprezível	A quantidade ou natureza dos agentes corrosivos ou poluentes não é significativa	-
AF2	Atmosférica	Presença significativa de agentes corrosivos ou poluentes de origem atmosférica	Instalações localizadas na vizinhança da orla marítima e instalações situadas nas proximidades de estabelecimentos industriais que produzam poluição atmosférica significativa, tais como indústrias químicas, fábricas de cimento, etc.; estes tipos de poluição provêm principalmente da produção de poeiras abrasivas, isolantes ou condutoras
AF3	Intermitente	Ações intermitentes ou acidentais de produtos químicos corrosivos ou poluentes de uso corrente	Locais onde se manipulam produtos químicos em pequenas quantidades e onde estes produtos só podem vir a ter contatos acidentais com os materiais elétricos; tais condições encontram-se nos laboratórios de fábricas, laboratórios de estabelecimentos de ensino ou nos locais onde se utilizam hidrocarbonetos (centrais de aquecimento, garagens etc.)
AF4	Permanente	Uma ação permanente de produtos químicos corrosivos ou poluentes em quantidades significativas	Indústria química, por exemplo

4.3.1.6 Solicitações mecânicas

Conforme a tabela 6.

4.3.1.7 Presença de flora e mofo

Conforme a tabela 7.

4.3.1.8 Presença de fauna

Conforme a tabela 8.

Tabela 6 - Solicitações mecânicas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
Choques mecânicos			
AG1	Fracos	Meios que podem produzir choques de energia igual ou inferior a 0,25 J	-
AG2	Médios	Meios que podem produzir choques de energia igual ou inferior a 2 J	Condições industriais habituais
AG3	Significativos	Meios que podem produzir choques de energia igual ou inferior a 20 J	Condições industriais severas
AG4	Muito significativos	Meios que podem produzir choques de energia superior a 20 J	Condições industriais muito severas
Vibrações			
AH1	Fracas	Vibrações desprezíveis	-
AH2	Médias	Vibrações de freqüências compreendidas entre 10 Hz e 50 Hz e de amplitude igual ou inferior a 0,15 mm	Condições industriais habituais
AH3	Significativas	Vibrações de freqüências compreendidas entre 10 Hz e 150 Hz e de amplitude igual ou inferior a 0,35 mm	Condições industriais severas

Tabela 7 - Presença de flora e mofo

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AK1	Desprezível	Ausência de riscos de danos devidos à flora ou ao mofo	-
AK2	Riscos	Riscos de danos devidos à flora ou ao mofo	Os riscos dependem das condições locais e da natureza da flora. Pode-se separá-los em riscos devidos ao desenvolvimento prejudicial da vegetação e riscos devidos à sua abundância

Tabela 8 - Presença de fauna

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AL1	Desprezível	Ausência de riscos de danos devidos à fauna	-
AL2	Riscos	Riscos de danos devidos à fauna (insetos e pequenos animais)	Os riscos dependem da natureza da fauna. Pode-se separá-los em: perigos devidos a insetos em quantidades prejudiciais ou de natureza agressiva; presença de pequenos animais ou de pássaros em quantidades prejudiciais ou de natureza agressiva

4.3.1.9 Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes

Conforme a tabela 9.

Tabela 9 - Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AM1	Desprezível	Ausência de efeitos prejudiciais devidos às correntes parasitas, radiações eletromagnéticas, radiações ionizantes ou correntes induzidas	-
AM2	Correntes parasitas	Presença prejudicial de correntes parasitas	Estas influências encontram-se principalmente nas proximidades de subestações, de emissoras de correntes a alta freqüência, de aparelhos que contenham substâncias radioativas, de linhas de alta tensão, de linhas de tração elétrica etc.
AM3	Eletromagnéticas	Presença prejudicial de radiações eletromagnéticas	
AM4	Ionizantes	Presença prejudicial de radiações ionizantes	-
AM5	Eletrostáticas	Presença prejudicial de influências eletrostáticas	-
AM6	Indução	Presença prejudicial de correntes induzidas	-

4.3.1.10 Radiações solares

Conforme a tabela 10.

Tabela 10 - Radiações solares

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AN1	Desprezível	-	-
AN2	Significativas	Radiações solares de intensidade e/ou duração prejudicial	Os efeitos da radiação podem causar um aumento da temperatura e modificações de estrutura de alguns materiais

4.3.1.11 Raios

Conforme a tabela 11.

Tabela 11 - Raios

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AQ1	Desprezível	-	-
AQ2	Indiretos	Riscos provenientes da rede de alimentação	Instalações alimentadas por linhas aéreas
AQ3	Diretos	Riscos provenientes da exposição dos equipamentos	Partes da instalação situadas no exterior das edificações

4.3.2 Utilizações

4.3.2.1 Competência das pessoas

Conforme a tabela 12.

Tabela 12 - Competência das pessoas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BA1	Comuns	Pessoas inadvertidas	-
BA4	Advertidas	Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas de modo a lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar	Pessoal de manutenção e /ou operação trabalhando em locais de serviço elétrico
BA5	Qualificadas	Pessoas que têm conhecimentos técnicos ou experiência suficiente para lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar	Engenheiros e/ou técnicos trabalhando em locais de serviço elétrico fechados

4.3.2.2 Resistência elétrica do corpo humano

Conforme a tabela 13.

Tabela 13 - Resistência elétrica do corpo humano

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BB1	Elevada	Condições secas	Circunstâncias nas quais a pele está seca (nenhuma umidade, inclusive suor)
BB2	Normal	Condições úmidas	Passagem da corrente elétrica de uma mão à outra ou de uma mão a um pé, com a pele úmida (suor) e a superfície de contato sendo significativa (por exemplo, umelemento está seguro dentro da mão)
BB3	Fraca	Condições molhadas	Passagem da corrente elétrica entre as duas mãos e os dois pés, estando as pessoas com os pés molhados a ponto de se poder desprezar a resistência da pele e dos pés

4.3.2.3 Contatos das pessoas com o potencial local

Conforme a tabela 14.

Tabela 14 - Contatos das pessoas com o potencial local

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BC3	Freqüentes	Pessoas em contato com elementos condutores ou se postando sobre superfícies condutoras	Locais cujos piso e paredes não são isolantes e/ou possuemgrandes ou inúmeros elementos condutores

4.3.2.4 Condições de fuga das pessoas em emergências

Conforme a tabela 15.

Tabela 15 - Condições de fuga das pessoas em emergências

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BD1	Normal	Baixa densidade de ocupação, condições de fuga fáceis	Áreas comuns e de circulação em edificações exclusivamente residenciaisde até 15 pavimentos e edificações de outros tipos de até 6 pavimentos
BD2	Longa	Baixa densidade de ocupação, condições de fuga difíceis	Áreas comuns e de circulação em edificações exclusivamente residenciais com mais de 15 pavimentos e edificações de outros tipos com mais de 6 pavimentos

4.3.2.5 Natureza das matérias processadas ou armazenadas

Conforme a tabela 16.

Tabela 16 - Natureza das matérias processadas ou armazenadas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BE1	Riscos desprezíveis	-	-
BE2	Riscos de incêndio	Presença, processamento, fabricação ou armazenamento de matérias inflamáveis, inclusive a presença de pós	
BE3	Riscos de explosão	Presença, tratamento ou armazenamento de matérias explosivas ou que tenham ponto de fulgor baixo, inclusive a presença de pós explosivos	Refinarias e locais de armazenamento de hidrocarbonetos

4.3.3 Construção das edificações

4.3.3.1 Materiais de construção

Conforme a tabela 17.

Tabela 17 - Materiais de construção

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
CA1	Não combustíveis	-	-
CA2	Combustíveis	Edificações construídas principalmente com materiais combustíveis	Edificações construídas principalmente com madeira ou com outros materiais combustíveis

4.3.3.2 Estrutura das edificações

Conforme a tabela 18.

Tabela 18 - Estrutura das edificações

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
CB1	Riscos desprezíveis	-	-
CB2	Propagação de incêndio	Edificações cuja forma e dimensões facilitam a propagação de incêndio (por exemplo, efeito de chaminé)	Edificações de grande altura (ver código BD2 da tabela 15) ou edificações com sistemas de ventilação forçada
CB3	Movimentos	Riscos devidos aos movimentos de estrutura (por exemplo, deslocamentos entre partes diferentes de um prédio ou entre um prédio e o solo), assentamento dos terrenos ou das fundações das edificações	Edificações de grande altura ou construídas sobre terrenos não estabilizados
CB4	Flexíveis ou instáveis	Construções frágeis ou que possam ser submetidas a movimentos (tais como oscilações)	Instalações sob toldos, fixadas a divisórias ou paredes desmontáveis, ou em coberturas inflamáveis

4.4 Manutenção

Deve-se estimar a freqüência e a qualidade de manutenção da instalação, tendo em conta a durabilidade prevista. Essas características devem ser consideradas ao aplicar-se as prescrições das seções 5, 6, 7 e 8, de forma que:

a) toda verificação periódica, ensaio, manutenção e reparo necessários possam ser realizados de maneira fácil e segura;

b) a eficácia das medidas de proteção para segurança esteja garantida;

c) a confiabilidade dos componentes seja apropriada à durabilidade prevista.

5 Proteção para garantir a segurança

As medidas de proteção para garantir a segurança podem ser aplicadas a uma instalação completa, a uma parte de uma instalação ou a um componente.

A ordem em que as medidas de proteção são descritas não implica qualquer noção de importância relativa.

5.1 Proteção contra choques elétricos

A proteção contra choques elétricos deve ser prevista pela aplicação das medidas especificadas em 5.1.1 e 5.1.2.

5.1.1 Proteção contra contatos diretos

A proteção contra contatos diretos deve ser assegurada por meio de:

a) proteção por isolação das partes vivas, conforme 5.1.1.1;

b) proteção por meio de barreiras ou invólucros, conforme 5.1.1.2;

c) proteção por meio de obstáculos, conforme 5.1.1.3;

d) proteção parcial por colocação fora de alcance, conforme 5.1.1.4.

5.1.1.1 Proteção por isolação das partes vivas

A isolação é destinada a impedir todo contato com as partes vivas da instalação elétrica. As partes vivas devem ser completamente recobertas por uma isolação que só possa ser removida através de sua destruição. Observar que:

a) para os componentes montados em fábrica, a isolação deve atender às prescrições relativas a esses componentes;

b) para os demais componentes, a proteção deve ser garantida por uma isolação capaz de suportar as solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas às quais possa ser submetida;

c) as tintas, vernizes, lacas e produtos análogos não são, geralmente, considerados como constituindo uma isolação suficiente no quadro da proteção contra os contatos diretos.

NOTA - Quando a isolação for feita durante a execução da instalação, a qualidade desta isolação deve ser verificada através de ensaios análogos aos destinados a verificar a qualidade da isolação de equipamentos similares industrializados.

5.1.1.2 Proteção por meio de barreiras ou invólucros

5.1.1.2.1 As barreiras ou invólucros são destinados a impedir todo contato com as partes vivas da instalação elétrica, conforme NBR 6146.

5.1.1.2.2 As partes vivas devem estar no interior de invólucros ou atrás de barreiras que confiram pelo menos o grau de proteção IP3X, conforme a NBR 6146.

5.1.1.2.3 As superfícies superiores das barreiras ou dos invólucros horizontais que sejam facilmente acessíveis devem atender pelo menos ao grau de proteção IP4X, conforme a NBR 6146.

5.1.1.2.4 As barreiras e invólucros devem ser fixados de forma segura e possuir robustez e durabilidade suficientes para manter os graus de proteção e a apropriada separação das partes vivas nas condições normais de serviço, levando-se em conta as condições de influências externas relevantes.

5.1.1.2.5 A supressão das barreiras, a abertura dos invólucros ou coberturas ou a retirada de partes dos invólucros ou coberturas não deve ser possível, a não ser:

a) com a utilização de uma chave ou de uma ferramenta; e

b) após a desenergização das partes vivas protegidas por essas barreiras, invólucros ou coberturas, não podendo ser restabelecida a tensão enquanto não forem recolocadas as barreiras, invólucros ou coberturas; ou

NOTA - Esta prescrição é atendida com utilização de intertravamento mecânico e/ou elétrico.

c) que haja interposta uma segunda barreira ou isolação que não possa ser retirada sem a desenergização das partes vivas protegidas por essas barreiras e que impeça qualquer contato com as partes vivas.

5.1.1.3 Proteção por meio de obstáculos

5.1.1.3.1 Os obstáculos são destinados a impedir os contatos fortuitos com partes vivas, mas não os contatos voluntários por uma tentativa deliberada de contorno do obstáculo.

5.1.1.3.2 Os obstáculos devem impedir:

a) uma aproximação física não intencional das partes vivas (por exemplo, por meio de corrimões ou de telas de arame);

b) contatos não intencionais com partes vivas por ocasião de operação de equipamentos sob tensão (por exemplo, por meio de telas ou painéis sobre os seccionadores).

5.1.1.3.3 Os obstáculos podem ser desmontáveis sem a ajuda de uma ferramenta ou de uma chave, entretanto, devem ser fixados de forma a impedir qualquer remoção involuntária.

5.1.1.4 Proteção parcial por colocação fora de alcance

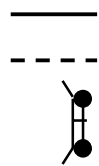
5.1.1.4.1 A colocação fora de alcance é somente destinada a impedir os contatos fortuitos com as partes vivas.

5.1.1.4.2 Quando há o espaçamento, este deve ser suficiente para que se evite que pessoas circulando nas proximidades das partes vivas em média tensão possam entrar em contato com essas partes, seja diretamente ou por intermédio de objetos que elas manipulem ou transportem.

5.1.1.4.3 Os espaçamentos mínimos previstos para instalações internas são definidos nas figuras 7-a) e 7-b) com os valores da tabela 19 e para instalações externas na figura 8 com os valores da tabela 20.

a) Circulação por um lado

b) Circulação por mais de um lado

Legenda:

Partes vivas

Anteparos: tela ou grade metálica

Dispositivos de manobra

W - Área de circulação permitida a pessoas advertidas

X - Área de circulação proibida

Figura 7 - Espaçamento para instalações internas

Tabela 19 - Espaçamento para instalações internas

Dimensões mínimas mm		
D	300 até 24,2kV 400 para 36,2kV	Distância entre a parte viva e um anteparo vertical
A	-	Valores de distâncias mínimas da tabela 21
R	1 200	Locais de manobra
B	2 700	Altura mínima de uma parte viva com circulação
K	2 000	Altura mínima de um anteparo horizontal
F	1 700	Altura mínima de um anteparo vertical
J	E+300	Altura mínima de uma parte viva sem circulação
Dimensões máximas mm		
E	300	Distância máxima entre a parte inferior de um anteparo vertical e o piso
M	1 200	Altura dos punhos de acionamento manual
malha	20	Abertura da malha

Legenda:

——— Partes vivas	W - Área de circulação permitida a pessoas advertidas
– – – – Anteparos: tela ou grade metálica	X - Área de circulação proibida

Dispositivos de manobra

Figura 8 - Espaçamento para instalações externas ao nível do piso

Tabela 20 - Espaçamento para instalações externas

Dimensões mínimas mm		
A	-	Valores de distâncias mínimas da tabela 21
G	1 500	Distância mínima entre a parte viva e a proteção externa
B	4 000	Altura mínima de uma parte viva na área de circulação
R	1 500	Locais de manobra
D	500	Distância mínima entre a parte viva e um anteparo vertical
F	2 000	Altura mínima de um anteparo vertical
H	6 000	Em ruas, avenidas e entradas de prédios e demais locais com trânsito de veículos
	5 000	Em local com trânsito de pedestres somente
	9 000	Em ferrovias
	7 000	Em rodovias
J	800	Altura mínima de uma parte viva na área de circulação proibida
K	2 200	Altura mínima de um anteparo horizontal
L	2 000	Altura mínima da proteção externa
C	2 000	Circulação
Dimensões máximas mm		
E	600	Distância máxima entre a parte inferior de um anteparo vertical e o piso
M	1 200	Altura dos punhos de acionamento manual
Malha	20	Abertura das malhas dos anteparos

Tabela 21 - Distâncias mínimas x tensão nominal da instalação

<table>
<tr><th rowspan="3">Tensão nominal
da
instalação
kV</th><th rowspan="3">Tensão de ensaio à freqüência
industrial
(valor eficaz)
kV</th><th rowspan="3">Tensão suportável nominal de
impulso atmosférico
(valor de pico)
kV</th><th colspan="2">Distância mínima
fase/terra
e fase/fase [1)]</th></tr>
<tr><th>Interno</th><th>Externo</th></tr>
<tr><th colspan="2">mm</th></tr>
<tr><td>3</td><td>10</td><td>20
40</td><td>60
60</td><td>120
120</td></tr>
<tr><td>4,16</td><td>19</td><td>60</td><td>90</td><td>120</td></tr>
<tr><td>6</td><td>20</td><td>40
60</td><td>60
90</td><td>120
120</td></tr>
<tr><td>13,8</td><td>34</td><td>95
110
125</td><td colspan="2">160
180
220</td></tr>
<tr><td>23,1</td><td>50</td><td>95
125</td><td colspan="2">160
220</td></tr>
<tr><td>34,5</td><td>70</td><td>145
170</td><td colspan="2">270
320</td></tr>
<tr><td colspan="5">1) Estes afastamentos devem ser tomados entre extremidades mais próximas e não de centro a centro. Os valores de distâncias mínimas indicados podem ser aumentados, a critério do projetista, em função da classificação das influências externas.</td></tr>
</table>

5.1.2 Proteção contra contatos indiretos

5.1.2.1 Princípios básicos

A proteção contra contatos indiretos deve ser garantida pelo aterramento e pela eqüipotencialização descritos em 5.1.2.1.1 e 5.1.2.1.2, sendo que o seccionamento automático da alimentação descrito em 5.1.2.2 é uma medida que visa garantir a integridade dos componentes dos sistemas de aterramento e de eqüipotencialização e limitar o tempo de duração da falta.

5.1.2.1.1 Aterramento

As massas devem ser ligadas a condutores de proteção nas condições especificadas em 4.2.3 para cada esquema de aterramento. Massas simultaneamente acessíveis devem ser ligadas à mesma rede de aterramento individualmente, por grupos ou coletivamente.

NOTA - As disposições referentes ao aterramento e aos condutores de proteção devem satisfazer as prescrições de 6.4.

5.1.2.1.2 Ligação eqüipotencial

A tensão de contato em qualquer ponto da instalação não pode ser superior à tensão de contato limite (U_L), com valor indicado na tabela 22. Aos limites indicados aplicam-se as tolerâncias definidas na IEC 60038. Esta regra é satisfeita se em cada edificação existir uma ligação eqüipotencial principal, reunindo os seguintes elementos:

a) condutor(es) de proteção principal(is);

b) condutores de eqüipotencialidade principais ligados a canalizações metálicas de utilidades e serviços e a todos os demais elementos condutores estranhos à instalação, incluindo os elementos metálicos da construção e outras estruturas metálicas;

c) condutor(es) de aterramento;

d) eletrodo(s) de aterramento de outros sistemas (por exemplo, de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas etc.).

NOTAS

1 A ligação eqüipotencial principal, via de regra, é realizada pelo terminal de aterramento principal (ver 6.4.2.4).

2 Quando tais elementos originarem-se do exterior da edificação, sua conexão à ligação eqüipotencial principal deve ser efetuada o mais próximo possível do ponto em que penetram na edificação.

3 Os condutores de eqüipotencialidade devem satisfazer às prescrições de 6.4.

5.1.2.2 Seccionamento automático da alimentação

O seccionamento automático da alimentação destina-se a evitar que uma corrente se mantenha por um tempo que possa resultar em sobreaquecimento na instalação. Esta medida de proteção requer a coordenação entre o esquema de aterramento adotado e as características dos condutores de proteção e dos dispositivos de proteção. Os princípios básicos desta medida são aqueles apresentados em 5.1.2.2.1. Os meios convencionais para satisfazer estes princípios estão descritos em 5.1.2.2.4 e 5.1.2.2.5, conforme o esquema de aterramento.

5.1.2.2.1 Princípios básicos

A proteção por seccionamento automático da alimentação baseia-se nos seguintes princípios:

a) aterramento: as massas devem ser ligadas a condutores de proteção nas condições especificadas para cada esquema de aterramento. Massas simultaneamente acessíveis devem ser ligadas à mesma rede de aterramento - individualmente, por grupos ou coletivamente;

NOTA - As disposições referentes ao aterramento e aos condutores de proteção devem satisfazer as prescrições de 6.4.

b) seccionamento da alimentação: um dispositivo de proteção deve secionar automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento protegido contra contatos indiretos por este dispositivo sempre que uma falta entre parte viva e massa no circuito ou equipamento considerado der origem a uma tensão de contato superior ao valor apropriado de U_L.

Tabela 22 - Valores máximos da tensão de contato limite U_L (V)

Natureza da corrente	Situação 1 [1)]	Situação 2 [1)]
Alternada, 15 Hz – 1 000 Hz	50	25
Contínua sem ondulação [2)]	120	60

1) A situação 1 aplica-se a áreas internas e a situação 2 aplica-se a áreas externas.

NOTAS

1 Uma tensão contínua "sem ondulação" é convencionalmente definida como apresentando uma taxa de ondulação não superior a 10% em valor eficaz; o valor de crista máximo não deve ultrapassar 140 V para um sistema em corrente contínua sem ondulação com 120 V nominais ou 70 V para um sistema em corrente contínua sem ondulação com 60 V nominais.

2 Os valores máximos da tensão de contato limite apresentados são para tensão de contato de duração maior ou igual a 10 s. Para tempos inferiores a 10 s, podem ser utilizados os valores obtidos na figura A.1.

5.1.2.2.2 Aplicação convencional

Para o atendimento dos princípios definidos em 5.1.2.21, é suficiente aplicar as prescrições de 5.1.2.2.3 a 5.1.2.2.5, conforme o esquema de aterramento.

5.1.2.2.3 Esquema TNx

Em um esquema TNx todo defeito de isolamento é um curto-circuito fase/neutro. Quando a proteção é assegurada por dispositivos de proteção contra sobreintensidade, a avaliação da corrente de curto-circuito mínima é necessária, a fim de verificar as condições de funcionamento destes dispositivos.

5.1.2.2.4 Esquemas TTx

Nos esquemas TTx a corrente de defeito é limitada por:

a) as resistências de tomadas de terra e do neutro, esta última aumentada ao valor da resistência de limitação podendo ser inserida entre o ponto neutro e o terra;

b) a resistência das ligações eventuais, utilizadas por interconexão das massas e das tomadas de terra. Mesmo que a corrente do primeiro defeito seja importante, não é permitido que sua detecção seja assegurada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes; com efeito, seu funcionamento é dificilmente verificável. Por outro lado a detecção de pequenas correntes de fuga resultante de uma degradação lenta da isolação não é possível com esses dispositivos cujo limiar de funcionamento é muito elevado (muitas vezes sua corrente nominal). Por isso que é necessário recorrer aos dispositivos sensíveis à corrente diferencial não necessitando a verificação das condições de disparo.

5.1.2.2.5 Esquemas ITx

A não interrupção no primeiro defeito de isolamento é justificada nas instalações quando é necessário assegurar a continuidade do serviço.

Após a aparição do primeiro defeito de isolamento é recomendado proceder rapidamente à busca e eliminação deste defeito. A permanência de um primeiro defeito conduz ao funcionamento da instalação com um ponto ligado à terra, correspondendo às condições de funcionamento para as quais a instalação não é concebida.

5.2 Proteção contra efeitos térmicos

5.2.1 Generalidades

As pessoas, os componentes fixos de uma instalação elétrica, bem como os materiais fixos adjacentes, devem ser protegidos contra os efeitos prejudiciais do calor ou radiação térmica produzida pelos equipamentos elétricos, particularmente quanto a:

a) riscos de queimaduras;

b) prejuízos no funcionamento seguro de componentes da instalação;

c) combustão ou deterioração de materiais.

5.2.2 Proteção contra incêndio

5.2.2.1 Os componentes elétricos não devem apresentar perigo de incêndio para os materiais vizinhos. Devem ser observadas, além das prescrições desta Norma, eventuais instruções relevantes dos fabricantes.

5.2.2.2 Os componentes fixos, cujas superfícies externas possam atingir temperaturas que venham a causar perigo de incêndio a materiais adjacentes, devem:

a) ser montados sobre materiais ou contidos no interior de materiais que suportem tais temperaturas e sejam de baixa condutância térmica; ou

b) ser separados dos elementos da construção do prédio por materiais que suportem tais temperaturas e sejam de baixa condutância térmica; ou

c) ser montados de modo a permitir a dissipação segura do calor, a uma distância segura de qualquer material em que tais temperaturas possam ter efeitos térmicos prejudiciais, sendo que qualquer meio de suporte deve ser de baixa condutância térmica.

5.2.2.3 Os componentes fixos que apresentem efeitos de focalização ou concentração de calor devem estar a uma distância suficiente de qualquer objeto fixo ou elemento do prédio, de modo a não submetê-los, em condições normais, a elevação perigosa de temperatura.

5.2.2.4 Os materiais dos invólucros dispostos em torno de componentes elétricos durante a instalação devem suportar a maior temperatura susceptível de ser produzida pelo componente. Materiais combustíveis não são adequados para a construção destes invólucros, a menos que sejam tomadas medidas preventivas contra a ignição, tais como o revestimento com material incombustível ou de combustão difícil e de baixa condutância térmica.

5.2.3 Proteção contra queimaduras

As partes acessíveis de equipamentos elétricos que estejam situadas na zona de alcance normal não devem atingir temperaturas que possam causar queimaduras em pessoas e devem atender aos limites de temperatura indicados na tabela 23. Todas as partes da instalação que possam, em serviço normal, atingir, ainda que por períodos curtos, temperaturas que excedam os limites dados na tabela 23, devem ser protegidas contra qualquer contato acidental. Os valores da tabela 23 não se aplicam a componentes cujas temperaturas limites das superfícies expostas, no que concerne à proteção contra queimaduras, sejam fixadas por normas específicas.

Tabela 23 - Temperaturas máximas das superfícies externas dos equipamentos elétricos dispostos no interior da zona de alcance normal

Tipo de superfície	Temperaturas máximas °C
Superfícies de alavancas, volantes ou punhos de dispositivos de controle manuais:	
- metálicas	55
- não-metálicas	65
Superfícies previstas para serem tocadas em serviço normal, mas não destinadas a serem mantidas à mão de forma contínua:	
- metálicas	70
- não-metálicas	80
Superfícies acessíveis, mas não destinadas a serem tocadas em serviço normal:	
- metálicas	80
- não-metálicas	90

NOTAS

1 Esta prescrição não se aplica a materiais cujas normas fixam limites de temperatura ou de aquecimento para as superfícies acessíveis.

2 A distinção entre superfícies metálicas e não-metálicas depende da condutividade térmica da superfície considerada. Camadas de tinta e de verniz não são consideradas como modificando a condutividade térmica da superfície. Ao contrário, certos revestimentos não condutores podem reduzir sensivelmente a condutividade térmica de uma superfície metálica e permitir considerá-la como não-metálica.

3 Para dispositivos de controle manuais, dispostos no interior de invólucros, que somente sejam acessíveis após a abertura do invólucro (por exemplo, alavancas de emergência ou alavancas de desligamento) e que não sejam utilizados freqüentemente, podem ser admitidas temperaturas mais elevadas.

5.3 Proteção contra sobrecorrentes

5.3.1 Proteção geral (subestação de entrada de energia)

É considerado proteção geral o dispositivo situado entre o ponto de entrega de energia e a origem da instalação em média tensão. Esta proteção geral deve atender no mínimo ao especificado em 5.3.1.1 e 5.3.1.2.

5.3.1.1 Capacidade instalada menor ou igual a 300 kVA

Em uma subestação unitária com capacidade instalada menor ou igual a 300 kVA, a proteção geral na média tensão deve ser realizada por meio de um disjuntor acionado através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro), ou por meio de chave seccionadora e fusível, sendo que, neste caso, adicionalmente, a proteção geral, na baixa tensão, deve ser realizada através de disjuntor.

5.3.1.2 Capacidade instalada maior que 300 kVA

Em uma subestação com capacidade instalada maior que 300 kVA, a proteção geral na média tensão deve ser realizada exclusivamente por meio de um disjuntor acionado através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro).

5.3.2 Proteção contra correntes de sobrecarga

Os condutores vivos devem ser protegidos contra as correntes de sobrecargas, exceto quando alimentam cargas (transformadores, motores etc.) que possuem sua própria proteção contra as sobrecargas.

5.3.3 Proteção contra correntes de curto-circuito

Os condutores vivos devem ser protegidos contra correntes de curto-circuito que possam provocar danos.

5.3.4 Natureza dos dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção devem ser escolhidos entre os indicados em 5.3.4.1 e 5.3.4.2.

5.3.4.1 Dispositivos que garantem simultaneamente a proteção contra correntes de sobrecarga e contra correntes de curto-circuito

Esses dispositivos de proteção devem poder interromper qualquer sobrecorrente menor ou igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto em que o dispositivo está instalado. Tais dispositivos podem ser disjuntores acionados através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro). Não são aceitos relés com princípio de funcionamento com retardo a líquido.

NOTAS

1 Quando forem utilizados relés com as funções 50 e 51 do tipo microprocessado, digital, auto-alimentados ou não, deve ser garantida, na falta de energia, uma fonte de alimentação de reserva, com autonomia mínima de 2 h, que garanta a sinalização dos eventos ocorridos e o acesso à memória de registro dos relés.

2 Os transformadores para instrumentos conectados aos relés secundários devem ser instalados sempre a montante do disjuntor ou chave a ser atuado(a), garantindo assim a proteção contra falhas do próprio dispositivo.

3 Para qualquer tipo de relé, deve ser instalado um dispositivo exclusivo que garanta a energia necessária ao acionamento da bobina de abertura do disjuntor, que permita teste individual, recomendando-se o uso de fonte capacitiva.

4 O sistema geral de proteção da unidade consumidora deve permitir coordenação com o sistema de proteção da concessionária, ser dimensionado e ajustado de modo a permitir adequada seletividade entre os dispositivos de proteção da instalação.

5.3.4.2 Dispositivos que garantem apenas a proteção contra correntes de curto-circuito

Tais dispositivos podem ser utilizados quando a proteção contra sobrecargas for realizada por outros meios ou quando se admitir a omissão da proteção contra sobrecargas. Esses dispositivos devem poder interromper qualquer corrente de curto-circuito menor ou igual à corrente de curto-circuito presumida. Não são aceitos relés com princípio de funcionamento com retardo a líquido. Podem ser utilizados:

a) disjuntores acionados através de relés com a função 50;

b) dispositivos fusíveis limitadores de corrente conforme a NBR 8669 e do tipo expulsão conforme a NBR 7282, para uso exclusivo em instalações externas.

5.4 Proteção contra sobretensões

As sobretensões nas instalações elétricas de média tensão não devem comprometer a segurança das pessoas, nem a integridade das próprias instalações e dos equipamentos servidos.

NOTA - O uso adequado de pára-raios de resistência não linear é considerado uma medida de proteção contra sobretensão de origem atmosférica.

5.5 Proteção contra mínima e máxima tensão e falta de fase

5.5.1 Devem ser consideradas medidas de proteção quando uma queda de tensão significativa (ou sua falta total) e o posterior restabelecimento desta forem suscetíveis de criar perigo para pessoas e bens ou de perturbar o bom funcionamento da instalação.

NOTA - No caso da proteção contra quedas e faltas de tensão, normalmente são utilizados relés de subtensão acoplados a dispositivos de seccionamento.

5.5.2 Quando aplicável, a proteção de máxima tensão deve atuar no dispositivo de seccionamento apropriado.

5.6 Proteção contra inversão de fase

Quando aplicável, as instalações devem ser protegidas contra inversão de fase, de forma que o relé de proteção correspondente atue no dispositivo de seccionamento apropriado.

5.7 Proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas de média tensão

As instalações elétricas devem ser construídas e instaladas de forma que possam ser empregadas as medidas necessárias para garantir a proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas.

5.7.1 Os equipamentos de proteção a serem utilizados pelos trabalhadores são no mínimo os seguintes: capacetes, óculos de segurança, luvas, detector de tensão, botas e estrado ou tapete isolante.

5.7.2 Os equipamentos devem ser providos de meios que permitam, quando necessário, o seu isolamento da instalação.

5.7.3 Equipamentos devem ser providos para que a instalação completa ou partes da instalação possam ser isoladas, dependendo das condições operacionais. Isto pode ser realizado, por exemplo, desligando-se seccionadores ou removendo-se elos ou interligações.

5.7.4 A instalação completa ou partes das instalações que possam ser energizadas por várias fontes devem ser dispostas de forma que todas as fontes possam ser isoladas.

5.7.5 Se os terminais de neutro de vários equipamentos estiverem ligados em paralelo, deve ser possível isolá-los individualmente. Isto também se aplica às bobinas e aos resistores de falta à terra, sendo que, nestes casos, a proteção contra sobretensões deve ser mantida.

5.7.6 Devem ser providos meios para descarregar os equipamentos que ainda possam transferir potencial elétrico mesmo após a sua desconexão da instalação, como, por exemplo, capacitores.

5.7.7 Os equipamentos empregados com o propósito de isolamento devem ser providos de dispositivos elétricos e/ou mecânicos apropriados que garantam a sua condição de isolamento.

Quando partes removíveis, como, por exemplo, os fusíveis ou disjuntores extraíveis, são utilizadas para a desconexão da instalação completa ou parte dela e são substituídas por coberturas ou barreiras, estas devem ser montadas de tal forma que a sua remoção somente possa ser executada com o uso de ferramenta apropriada.

Os equipamentos que são operados manualmente devem permitir o uso de dispositivos de travamento mecânico para evitar o seu religamento.

5.7.8 Dispositivos para a verificação do estado de desenergização devem ser disponibilizados para garantir a segurança das pessoas que trabalham nas instalações elétricas.

Os dispositivos devem permitir que o estado de desenergização possa ser verificado em todos os pontos onde o trabalho for realizado.

NOTA - Tanto dispositivos fixos como portáteis podem ser utilizados para atender a este requisito.

5.7.9 Cada parte de uma instalação que possa ser isolada de outras partes deve possuir dispositivos que permitam o seu aterramento e curto-circuito.

NOTA - Equipamentos como, por exemplo, transformadores e capacitores devem ser providos de meios para seu aterramento e curto-circuito no ponto de sua instalação. Este requisito não deve ser aplicado a partes do sistema onde isto não for praticável ou for impró prio (por exemplo, transformadores ou máquinas elétricas com terminações seladas ou terminações flangeadas de cabos). Nestes casos, o aterramento e o curto-circuito devem ser realizados nos respectivos cubículos ou compartimentos situados nos lados primário e secundário.

Para cada parte da instalação, devem ser providos pontos de conexão, facilmente acessíveis e apropriadamente dimensionados, ao sistema de aterramento e às partes vivas para permitir a conexão dos dispositivos de aterramento e curto-circuito. Os mecanismos existentes em cubículos ou compartimentos devem ser projetados de forma a permitir a conexão manual dos dispositivos de aterramento e curto-circuito.

Quando o aterramento e curto-circuito forem realizados por chaves de aterramento controladas remotamente, a posição da chave deve ser fielmente transmitida para o ponto de controle remoto.

5.8 Proteção contra fuga de líquido isolante

NOTA - Em todos os casos descritos em 5.8.1 a 5.8.3, os regulamentos das autoridades competentes devem ser atendidos.

5.8.1 As instalações que contenham 100 L ou mais de líquido isolante devem ser providas de tanque de contenção.

5.8.2 Nas instalações abrigadas, pisos impermeáveis com soleira apropriada podem ser utilizados como depósito se não mais que três transformadores ou outros equipamentos estiverem instalados e se cada um deles contiver menos de 100 L.

5.8.3 Nas instalações ao tempo, pisos impermeáveis com soleira apropriada podem ser utilizados como depósito que não seja destinado a conter todo o líquido, mesmo sem tanques de contenção, se a superfície poluída puder ser removida e se o líquido não for destinado aos sistemas de drenagem ou córregos. Isto não se aplica a áreas de contenção, a zonas de proteção de mananciais e outros casos especiais, nos quais as autoridades competentes devem ser consultadas.

5.9 Proteção contra perigos resultantes de faltas por arco

Os dispositivos e equipamentos que podem gerar arcos durante a sua operação devem ser selecionados e instalados de forma a garantir a segurança das pessoas que trabalham nas instalações.

A seguir são relacionadas algumas medidas para garantir a proteção das pessoas contra os perigos resultantes de faltas por arco:

a) utilização de um ou mais dos seguintes meios:

- dispositivos de abertura sob carga;
- chave de aterramento resistente ao curto-circuito presumido;
- sistemas de intertravamento;
- fechaduras com chave não intercambiavéis.

b) corredores operacionais tão curtos, altos e largos quanto possível;

c) coberturas sólidas ou barreiras ao invés de coberturas perfuradas ou telas;

d) equipamentos ensaiados para resistir às faltas de arco internas;

e) emprego de dispositivos limitadores de corrente;

f) seleção de tempos de interrupção muito curtos, o que pode ser obtido através de relés instantâneos ou através de dispositivos sensíveis a pressão, luz ou calor, atuando em dispositivos de interrupção rápidos;

g) operação da instalação a uma distância segura.

6 Seleção e instalação dos componentes

6.1 Prescrições comuns a todos os componentes da instalação

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 A escolha do componente e sua instalação devem permitir que sejam obedecidas as medidas de proteção para garantir a segurança, as prescrições para garantir um funcionamento adequado ao uso da instalação e as prescrições apropriadas às condições de influência externas previsíveis.

6.1.1.2 Os componentes devem ser selecionados e instalados de forma a satisfazer as prescrições enunciadas nesta seção, bem como as prescrições aplicáveis das outras seções desta Norma.

6.1.2 Componentes da instalação

6.1.2.1 Os componentes da instalação devem satisfazer as Normas Brasileiras que lhes sejam aplicáveis e, na falta destas, as normas IEC e ISO.

6.1.2.2 Na falta de Normas Brasileiras, IEC e ISO, os componentes devem ser selecionados através de acordo entre o projetista e o instalador.

6.1.3 Condições de serviço e influências externas

6.1.3.1 Condições de serviço

6.1.3.1.1 Tensão

Os componentes devem ser adequados à tensão nominal (valor eficaz em corrente alternada) da instalação. Se, numa instalação que utiliza o esquema ITx, o condutor neutro for distribuído, os componentes ligados entre uma fase e o neutro devem ser isolados para a tensão entre fases.

6.1.3.1.2 Corrente

Os componentes devem ser escolhidos considerando-se a corrente de projeto (valor eficaz em corrente alternada) que possa percorrê-los em serviço normal. Deve-se igualmente considerar a corrente suscetível de percorrê-los em condições anormais, levando-se em conta a duração da passagem de uma tal corrente, em função das características de funcionamento dos dispositivos de proteção.

6.1.3.1.3 Freqüência

Se a freqüência tiver influência sobre as características dos componentes, a freqüência nominal do componente deve corresponder à freqüência da corrente no circuito pertinente.

6.1.3.1.4 Potência

Os componentes escolhidos segundo suas características de potência devem ser adequados às condições normais de serviço, considerando os regimes de carga que possam ocorrer.

6.1.3.1.5 Compatibilidade

A menos que sejam tomadas medidas adequadas quando da instalação, os componentes devem ser escolhidos de modo a não causar, em serviço normal, efeitos prejudiciais, quer aos demais componentes, quer à rede de alimentação, incluindo condições de manobra. Cuidados específicos devem ser observados no caso do emprego de condutores de alumínio.

6.1.3.2 Influências externas

6.1.3.2.1 Os componentes devem ser selecionados e instalados de acordo com as prescrições da tabela 24. Esta tabela indica as características dos componentes em função das influências externas a que podem ser submetidos e que são definidas em 4.3. As características dos componentes são determinadas, seja por um grau de proteção, seja por conformidade com ensaios.

Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
A - Condições ambientais (4.3.1)		
AA	Temperatura ambiente (4.3.1.1)	
AA3	- 25°C a + 5°C	Componentes especialmente projetados ou disposições apropriadas[1)]
AA4	- 5°C a + 40°C	Normal (em certos casos podem ser necessárias precauções especiais)
AA5	- 5°C a + 40°C	Normal
AA6	+ 5°C a + 60°C	Componentes especialmente projetados ou disposições apropriadas[1)]
AC	Altitude (4.3.1.2)	
AC1	≤ 1 000 m	Normal
AC2	> 1 000 m	Podem ser necessárias precauções especiais, tais como a aplicação de fatores de correção.
AD	Presença de água (4.3.1.3)	
AD1	Desprezível	IPX0
AD2	Quedas de gotas de água	IPX1
AD3	Aspersão de água	IPX3
AD4	Projeção de água	IPX4
AD5	Jatos de água	IPX5
AD6	Ondas	IPX6
AD7	Imersão	IPX7
AD8	Submersão	IPX8
AE	Presença de corpos sólidos (4.3.1.4)	
AE1	Desprezível	IPOX } Ver também 5.1.2
AE2	Objetos pequenos (2,5 mm)	IP3X } Ver também 5.1.2
AE3	Objetos muito pequenos (1 mm)	IP4X } Ver também 5.1.2
AE4	Poeira	IP5X Se as poeiras puderem penetrar sem prejudicar o funcionamento do componente IP6X Se as poeiras não penetrarem no componente
AF	Presença de substâncias corrosivas ou poluentes (4.3.1.5)	
AF1	Desprezível	Normal
AF2	Agentes atmosféricos	De acordo com a natureza dos agentes
AF3	Intermitente	Proteção contra corrosão definida pelas especificações dos componentes
AF4	Permanente	Componentes especialmente projetados de acordo com a natureza dos agentes
AG	Choques mecânicos (4.3.1.6)	
AG1	Fracos	Normal. Por exemplo, componentes para uso doméstico ou análogo
AG2	Médios	Componentes para uso industrial, quando aplicável, ou proteção reforçada
AG3	Significativos	Proteção reforçada
AG4	Muito significativos	Proteção muito reforçada
AH	Vibrações (4.3.1.6)	
AH1	Fracas	Normal
AH2	Média	Componentes especialmente projetados ou
AH3	Significativas	Disposições especiais

Tabela 24 (continuação)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
AK	Presença de flora ou mofo (4.3.1.7)	
AK1	Desprezível	Normal
AK2	Riscos	Proteções especiais tais como: - grau de proteção aumentado (ver AE); - componentes especiais ou revestimentos protegendo os invólucros; - disposições para evitar a presença de flora.
AL	Presença de fauna (4.3.1.8)	
AL1	Desprezível	Normal
AL2	Riscos	A proteção pode compreender: - um grau de proteção adequado contra a penetração de corpos sólidos (ver AE); - uma resistência mecânica suficiente (ver AG); - precauções para evitar a presença de fauna (como limpeza, uso de pesticidas); - componentes especiais ou revestimentos protegendo os invólucros
AM	Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes (4.3.1.9)	
AM1	Desprezível	Normal
AM2	Correntes parasitas	Proteções especiais tais como: - isolação adequada; - revestimentos protetores especiais; - proteção catódica; - eqüipotencialidade suplementar.
AM3 AM4	Eletromagnéticas Ionizantes	Proteções especiais tais como: - distanciamento das fontes de radiação; - - interposição de telas protetoras; - - invólucros especiais.
AM5	Eletrostáticas	Proteções especiais tais como: - isolação apropriada do local; - eqüipotencialidade suplementar.
AM6	Induções	Proteções especiais tais como: - distanciamento das fontes de corrente induzida; - interposição de telas protetoras.
AN	Radiações solares (4.3.1.10)	
AN1	Desprezíveis	Normal
AN2	Significativas	Disposições especiais tais como: - materiais resistentes à radiação ultravioleta; - revestimentos de cores especiais; - interposição de telas protetoras
AQ	Raios (4.3.1.11)	
AQ1	Desprezíveis	Normal
B - Utilizações (4.3.2)		
BA	Competência das pessoas (4.3.2.1)	
BA1	Comuns	Componentes protegidos contra contatos diretos e indiretos
BA4 BA5	Advertidas Qualificadas	Componentes não protegidos contra contatos diretos admitidos apenas nos locais que só sejam acessíveis a pessoas devidamente autorizadas

Tabela 24 (conclusão)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
BB	Resistência elétrica do corpo humano (4.3.2.2)	
BB1	Elevada	Normal
BB2	Normal	Normal
BB3	Fraca	Medidas de proteção apropriadas (ver 5.8.1)
BC	Contatos das pessoas com o potencial local (4.3.2.3)	
BC3	Freqüentes	Componentes protegidos contra contatos diretos e indiretos
BD	Fuga das pessoas em emergência (4.3.2.4)	
BD1	Normal	Normal
BD2	Longa	Componentes constituídos de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos ou utilização de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos que envolvam os componentes da instalação
BE	Natureza das matérias processadas ou armazenadas (4.3.2.5)	
BE1	Riscos desprezíveis	Normal
BE2	Riscos de incêndio	Componentes constituídos de materiais não propagantes de chama. Disposições tais que uma elevação significativa da temperatura, ou uma faísca, no componente, não possa provocar incêndio no exterior. Utilização de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos que envolvam os componentes da instalação
BE3	Riscos de explosão	Componentes adequados para atmosferas explosivas
C - Construção de edificações (4.3.3)		
CA	Materiais de construção (4.3.3.1)	
CA1	Não combustíveis	Normal
CB	Estrutura das edificações (4.3.3.2)	
CB1	Riscos desprezíveis	Normal
CB2	Propagação de incêndio	Componentes constituídos de materiais não propagantes de chama, incluindo fogo de origem não elétrica. Barreiras corta-fogo. Utilização de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos que envolvam os componentes da instalação NOTA - Podem ser previstos detectores de incêndio
CB3	Movimentos	Juntas de dilatação ou de expansão nas linhas elétricas

[1] Podem ser necessárias certas precauções suplementares (por exemplo, lubrificação especial).

6.1.3.2.2 Quando um componente não possuir, por construção, as características correspondentes às influências externas do local, ele pode ser utilizado sob a condição de que seja provido, por ocasião da execução da instalação, de uma proteção complementar apropriada. Esta proteção não pode afetar as condições de funcionamento do componente protegido.

6.1.3.2.3 Quando diferentes influências externas se produzirem simultaneamente, seus efeitos podem ser independentes ou influenciar-se mutuamente e os graus de proteção devem ser escolhidos de acordo.

6.1.3.2.4 A escolha das características dos componentes em função das influências externas é necessária não somente para seu funcionamento correto, mas também para garantir a confiabilidade das medidas de proteção, em conformidade com as prescrições de 5.1 a 5.9. As medidas de proteção associadas à construção dos componentes são válidas apenas para as condições de influências externas dadas se os correspondentes ensaios previstos nas normas dos componentes forem prescritos para aquelas condições.

NOTAS

1 São consideradas como "normais" as seguintes classes de influências externas:

- AA (temperatura ambiente): AA4;
- AB (umidade atmosférica): ainda não normalizada;
- outras condições ambientais (AC a AR): XX1 de cada parâmetro;
- condições de utilização e de construção das edificações (B e C): XX1 para todos os parâmetros, exceto XX2 para o parâmetro BC .

2 A palavra "normal" que figura na terceira coluna da tabela 24 significa que o componente deve satisfazer, de modo geral, as Normas Brasileiras aplicáveis ou, na sua falta, as normas IEC e ISO ou através de acordo especial entre o projetista e o instalador.

6.1.4 Acessibilidade

Os componentes, inclusive as linhas elétricas, devem ser dispostos de modo a facilitar sua operação, sua inspeção, sua manutenção e o acesso às suas conexões. Tais possibilidades não devem ser significativamente reduzidas pela montagem de equipamentos nos invólucros ou compartimentos.

6.1.5 Identificação dos componentes

6.1.5.1 Generalidades

As placas indicativas ou outros meios adequados de identificação devem permitir identificar a finalidade dos dispositivos de comando e proteção, a menos que não exista qualquer possibilidade de confusão. Se o funcionamento de um dispositivo de comando e proteção não puder ser observado pelo operador e disso puder resultar perigo, uma placa indicativa, ou um dispositivo de sinalização, deve ser colocada(o) em local visível ao operador.

6.1.5.2 Linhas elétricas

As linhas elétricas devem ser dispostas ou marcadas de modo a permitir sua identificação quando da realização de verificações, ensaios, reparos ou modificações da instalação.

6.1.5.3 Condutores

6.1.5.3.1 Qualquer cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor neutro deve ser identificado conforme essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-claro na veia do cabo multipolar ou na cobertura do cabo unipolar.

NOTA - A veia com isolação azul-claro de um cabo multipolar pode ser usada para outras funções, que não a de condutor neutro, se o circuito não possuir condutor neutro ou se o cabo possuir um condutor periférico utilizado como neutro.

6.1.5.3.2 Qualquer cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de proteção (PE) deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a dupla coloração verde-amarela (cores exclusivas da função de proteção) na veia do cabo multipolar ou na cobertura do cabo unipolar.

NOTA - Na falta da dupla coloração verde-amarela, admite-se o uso da cor verde.

6.1.5.3.3 Qualquer cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor PEN deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-claro, com identificação verde-amarela nos pontos visíveis ou acessíveis, na veia do cabo multipolar ou na cobertura do cabo unipolar.

6.1.5.3.4 Qualquer cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de fase deve ser identificado de acordo com essa função (por exemplo, por número, disposição, cores ou símbolos) e esta identificação deve estar indicada nos diagramas e desenhos.

6.1.5.3.5 Qualquer condutor nu utilizado como condutor de fase deve ser identificado de acordo com essa função. No caso de a identificação ser feita por cor, devem ser utilizadas as cores definidas em 6.1.5.3.6.

6.1.5.3.6 No caso de emprego de cores para identificação dos condutores de fase, devem ser utilizadas as seguintes cores:

a) em corrente alternada:
- fase A: vermelha;
- fase B: branca;
- fase C: marrom;

b) em corrente contínua:
- pólo positivo: vermelha;
- pólo negativo: preta;
- condutor médio: branca.

6.1.5.4 Equipamentos

6.1.5.4.1 Quando existirem na mesma instalação tensões diversas ou diferentes espécies de correntes, os equipamentos e materiais afetos a cada uma delas devem, tanto quanto possível, ser agrupados e separados dos outros e ser facilmente identificáveis.

6.1.5.4.2 Os dispositivos de proteção devem estar dispostos e identificados de forma que seja fácil reconhecer os respectivos circuitos protegidos.

6.1.5.4.3 As posições de "fechado" e "aberto" dos equipamentos de manobra de contatos não visíveis devem ser indicadas por meio de letras e cores, devendo ser adotada a seguinte convenção:

I – vermelho: contatos fechados;

O – verde: contatos abertos.

NOTAS

1 Chaves seccionadoras: deslocamento mecânico vertical da alavanca ou punho de manobra para baixo deve corresponder ao equipamento desligado.

2 Disjuntores: Os cabos ou barramentos provenientes da fonte devem estar conectados nos bornes superiores de entrada.

6.1.6 Independência dos componentes

Os componentes devem ser escolhidos e dispostos de modo a impedir qualquer influência prejudicial entre as instalações elétricas e as instalações não elétricas.

6.1.7 Documentação da instalação

6.1.7.1 A instalação deve ser executada a partir de projeto específico, que deve conter no mínimo:

a) plantas;

b) esquemas (unifilares e outros que se façam necessários);

c) detalhes de montagem, quando necessários;

d) memorial descritivo;

e) especificação dos componentes: descrição sucinta do componente, características nominais e norma(s) a que devem atender.

6.1.7.2 Após concluída a instalação, a documentação indicada em 6.1.7.1 deve ser revisada de acordo com o que foi executado (projeto "como construído").

6.2 Seleção e instalação das linhas elétricas

6.2.1 Generalidades

Na seleção e instalação de linhas elétricas deve ser considerada a aplicação de 4.1 aos condutores, suas terminações e/ou emendas, aos suportes e suspensões a eles associados e aos seus invólucros ou métodos de proteção contra influências externas.

6.2.2 Tipos de linhas elétricas

6.2.2.1 Os tipos de linhas elétricas estão indicados na tabela 26.

6.2.2.2 Outros tipos de linhas elétricas, além dos constantes da tabela 25, podem ser utilizados, desde que atendam às prescrições gerais desta seção.

Tabela 25 - Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Descrição	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente
1	Três cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e um cabo tripolar ao ar livre	A
2	Três cabos unipolares espaçados ao ar livre	B
3	Três cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e um cabo tripolar em canaleta fechada no solo	C
4	Três cabos unipolares espaçados em canaleta fechada no solo	D
5	Três cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e um cabo tripolar em eletroduto ao ar livre	E
6	Três cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e um cabo tripolar em banco de dutos ou eletroduto enterrado no solo	F
7	Três cabos unipolares em banco de dutos ou eletrodutos enterrados e espaçados – um cabo por duto ou eletroduto não condutor	G
8	Três cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e um cabo tripolar diretamente enterrados	H
9	Três cabos unipolares espaçados diretamente enterrados	I

6.2.3 Cabos unipolares e multipolares

6.2.3.1 Os cabos utilizados nas linhas elétricas devem atender às prescrições da NBR 6251.

6.2.3.2 Nos locais AD8, independentemente dotipo de cabo, é obrigatório o emprego de condutores com construção bloqueada, conforme NBR 6251.

6.2.3.3 Nas instalações com tensão nominal superior a 3,6/6 kV, os cabos unipolares e as veias dos cabos multipolares devem ser do tipo a campo elétrico radial (providos de blindagens do condutor e da isolação), conforme a NBR 6251.

6.2.3.4 A tensão nominal dos cabos deve ser escolhida em função das características da instalação, conforme a NBR 6251.

6.2.3.5 Nas instalações com tensão nominal superior a 3,6/6 kV, não é permitido o emprego de cabos com isolação em cloreto de polivinila ou copolímero de cloreto de vinila e acetato de vinila ou polietileno termoplástico.

6.2.3.6 Os acessórios necessários para a correta instalação dos cabos devem ser compatíveis elétrica, química e mecanicamente com eles, atendendo às condições de influências externas previstas para o local de instalação.

6.2.3.7 As linhas pré-fabricadas devem atender às normas específicas e ser instaladas de acordo com as instruções do fabricante.

6.2.4 Seleção e instalação em função das influências externas

NOTA - As prescrições relativas à seleção e instalação das linhas são apresentadas na tabela 26, consideradas as influências ex ternas indicadas em 4.3.

Tabela 26 - Seleção e instalação de linhas elétricas em função das influências externas

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
A - Condições ambientais (4.3.1)		
AA = Temperatura ambiente (4.3.1.1)		
AA3	- 25°C a + 5°C	Para temperaturas inferiores a -10°C, os cabos com isolação e/ou cobertura de PVC e PE termoplástico, bem como os condutos de PVC, não devem ser manipulados nem submetidos a esforços mecânicos, visto que o PVC e o PE termoplástico podem tornar-se quebradiços
AA4 AA5 AA6	- 5°C a + 40°C + 5°C a + 40°C + 5°C a + 60°C	Quando a temperatura ambiente (ou do solo) for superior aos valores de referência (20°C para linhas subterrâneas e 30°C para as demais), as capacidades de condução de corrente dos condutores e cabos isolados devem ser reduzidas de acordo com 6.2.5.3
AC = Altitude (4.3.1.2) (sem influência)		
AD = Presença de água (4.3.1.3)		
AD1 AD2	Desprezível Queda de gotas de água	Nenhuma limitação
AD3 AD4 AD5 AD6 AD7	Aspersão de água Projeção de água Jatos de água Ondas Imersão	Nas condições AD3 a AD6, só devem ser usadas linhas com proteção adicional à penetração de água com os graus IP adequados, a princípio sem revestimento metálico externo
AD8	Submersão	Cabos especiais para uso sob água e obrigatório o emprego de condutores com construção bloqueada. Linhas com graus IP adequados, a princípio sem revestimento metálico externo
AE = Presença de corpos sólidos (4.3.1.4)		
AE1	Desprezível	Nenhuma limitação
AE2	Objetos pequenos	Nenhuma limitação, desde que não haja exposição a danos mecânicos
AE3	Objetos muito pequenos	Nenhuma limitação
AE4	Poeira	Limitações restritas às influências AF, AJ e BE
AF = Presença de substâncias corrosivas ou poluentes (4.3.1.5)		
AF1	Desprezível	Nenhuma limitação
AF2 AF3	Agentes presentes na atmosfera Intermitente	As linhas devem ser protegidas contra corrosão ou contra agentes químicos. Os cabos uni e multipolares com cobertura extrudada são considerados adequados
AF4	Permanente	Só é admitido o uso de cabos uni ou multipolares adequados aos agentes químicos presentes
AG = Choques mecânicos (4.3.1.6)		
AG1	Fracos	Nenhuma limitação
AG2	Médios	Linhas com proteção leve, sendo que os cabos uni e multipolares usuais são considerados adequados
AG3 AG4	Significativos Muito significativos	Linhas com proteção reforçada (AG3) e muito reforçada (AG4), observando-se que os cabos uni e multipolares providos de armação metálica são considerados adequados (armação intertravada para condição AG4)
AH = Vibrações (4.3.1.6)		
AH1	Fracas	Nenhuma limitação
AH2	Médias	Nenhuma limitação
AH3	Significativas	Só podem ser utilizadas linhas flexíveis constituídas por cabos uni ou multipolares flexíveis

Tabela 26 (continuação)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
AK = Presença de flora ou mofo (4.3.1.7)		
AK1	Desprezível	Nenhuma limitação
AK2	Riscos	Deve ser avaliada a necessidade de utilizar: - cabos providos de armação, se diretamente enterrados; - materiais especiais ou revestimento adequado protegendo cabos ou eletrodutos
AL = Presença de fauna (4.3.1.8)		
AL1	Desprezível	Nenhuma limitação
AL2	Riscos	Linhas com proteção especial. Se existir risco devido à presença de roedores e cupins, deve ser usada uma das soluções: - cabos providos de armação - materiais especialmente aditivados ou revestimento adequado em cabos ou eletrodutos
AM = Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes (4.3.1.9)		
AM1	Desprezível	Nenhuma limitação
AM2 AM3 AM4 AM5	Correntes parasitas Eletromagnéticas Ionizantes Eletrostáticas	Para as condições AM2, AM3 e AM5, a proteção pode ser garantida por revestimento metálico contínuo e aterrado, ou também por distanciamento. Para acondição AM4, deve-se recorrer a normas específicas
AM6	Indução	Cabos com projeto especial, levando em consideração o fator de blindagem
AN = Radiações solares (4.3.1.10)		
AN1	Desprezível	Nenhuma limitação
AN2	Significativas	Os cabos ao ar livre ou em condutos abertos e os condutos devem ser resistentes às intempéries. A elevação da temperatura da superfície dos cabos deve ser levada em conta nos cálculos da capacidade de condução de corrente
B – Utilizações		
BA = Competência das pessoas (4.3.2.1) (sem influência)		
BB = Resistência elétrica do corpo humano (4.3.2.2)		
BB1 BB2	Elevada Normal	Nenhuma limitação
BB3	Fraca	Só devem ser utilizados, em princípio, cabos uni ou multipolares sem armação condutora. Admite-se o uso de cabos multipolares providos de armação condutora, desde que esta seja ligada ao condutor de proteção do circuito, nas duas extremidades
BC = Contatos de pessoas com o potencial local (4.3.2.3)		
BC3	Freqüentes	Só devem ser utilizados, em princípio, cabos sem armação condutora. Admite-se utilizar cabos multipolares providos de armação condutora, desde que esta seja ligada ao condutor de proteção do circuito nas duas extremidades. Admite-se também o uso de eletrodutos metálicos, desde que aterrados nas duas extremidades
BD = Fuga das pessoas em emergência (4.3.2.4)		
BD1	Normal	Nenhuma limitação
BD2	Longa	As linhas elétricas aparentes devem atender a uma das seguintes condições: a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, ou constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos b) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos

Tabela 26 (conclusão)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
BE = Natureza dos materiais processados ou armazenados (4.3.2.5)		
BE1	Riscos desprezíveis	Nenhuma limitação
BE2	Riscos de incêndio	As linhas elétricas aparentes devem atender a uma das seguintes condições: a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, ou constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos b) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos
BE3	Riscos de explosão	Linhas protegidas por escolha adequada da maneira de instalar
C - Construção das edificações		
CA = Materiais de construção (4.3.3.1)		
CA1	Não combustíveis	Nenhuma limitação
CA2	Combustíveis	As linhas elétricas aparentes devem atender a uma das seguintes condições: a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, ou constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos b) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos
CB = Estrutura das edificações (4.3.3.2)		
CB1	Riscos desprezíveis	Nenhuma limitação
CB2	Propagação de incêndio	As linhas elétricas aparentes devem atender a uma das seguintes condições: a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, ou constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos b) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos
CB3	Movimentos	Linhas flexíveis ou contendo juntas de dilatação e de expansão
CB4	Flexíveis	Só podem ser utilizadas linhas flexíveis constituídas por cabos uni ou multipolares flexíveis

6.2.5 Capacidades de condução de corrente

As prescrições desta subseção são destinadas a garantir uma vida satisfatória aos cabos elétricos submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de correntes de valores iguais às capacidades de condução de corrente respectivas, durante períodos prolongados em serviço normal. Outras considerações intervêm na determinação da seção dos condutores, tais como as prescrições para a proteção contra choques elétricos (ver 5.1), a proteção contra efeitos térmicos (ver 5.2), a proteção contra sobrecorrentes (ver 5.3), a queda de tensão (ver 6.2.7), bem como as temperaturas limites para os terminais de equipamentos aos quais os condutores sejam ligados.

6.2.5.1 Métodos de referência

Os métodos de referência são os métodos de instalação para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por cálculo. São eles:

A - cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares ao ar livre;

B - cabos unipolares espaçados ao ar livre;

C - cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares em canaletas fechadas no solo;

D - cabos unipolares espaçados em canaletas fechadas no solo;

E - cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares em eletroduto ao ar livre;

F - cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares em banco de dutos ou eletrodutos enterrados no solo;

G - cabos unipolares em banco de dutos ou eletrodutos enterrados espaçados – um cabo por duto ou eletroduto não condutor;

H - cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares diretamente enterrados;

I - cabos unipolares espaçados diretamente enterrados.

NOTAS

1 Nos métodos A e B, o cabo é instalado com convecção livre (sobre isoladores, bandejas, leitos etc.) e a distância a qualquer superfície adjacente deve ser de no mínimo 0,5 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo unipolar, ou no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo tripolar, sem levar em consideração o efeito da radiação solar direta.

2 Nos métodos C e D, o cabo é instalado em canaleta fechada, com 0,5 m de largura e 0,5 m de profundidade, e a distância a qualquer superfície adjacente deve ser de no mínimo 0,5 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo unipolar, ou no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo tripolar.

3 No método E, o cabo é instalado num eletroduto não condutor e a distância a qualquer superfície adjacente deve ser de no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do eletroduto, sem levar em consideração o efeito da radiação solar direta.

4 No método F, os cabos unipolares são instalados num eletroduto não condutor e os cabos tripolares em eletrodutos não condutores, metálico no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m. Foi considerado, no caso de banco de duto, largura de 0,3 m e altura de 0,3 m, e com resistividade térmica de 1,2 K.m/W.

5 No método G, os cabos unipolares são instalados em eletrodutos não condutores espaçados do duto adjacente em uma vez o diâmetro externo do duto, no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m. Foi considerado, no caso de banco de duto, largura de 0,5 m e altura de 0,5 m, com quatro dutos, e com resistividade térmica de 1,2 K.m/W.

6 No método H, o cabo é instalado diretamente no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m.

7 No método I, o cabo é instalado diretamente no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m e o espaçamento entre os cabos unipolares deve ser no mínimo igual ao diâmetro externo do cabo.

8 Na tabela 25, para cada método de instalação, é indicado o método de referência correspondente utilizado para a obtenção da capacidade de condução de corrente.

6.2.5.2 Generalidades

6.2.5.2.1 A corrente transportada por qualquer condutor, durante períodos prolongados em funcionamento normal, deve ser tal que a temperatura máxima para serviço contínuo dada na tabela 27 não seja ultrapassada. A capacidade de condução de corrente deve estar de acordo com 6.2.5.2.2 ou determinada de acordo com 6.2.5.2.3.

Tabela 27 - Temperaturas características dos condutores

Tipo de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Cloreto de polivinila (PVC)	70	100	160
Polietileno (PE)	70	100	160
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250
Borracha etileno-propileno (EPR 105)	105	140	250

6.2.5.2.2 A prescrição de 6.2.5.2.1 é considerada atendida se a corrente nos cabos não for superior às capacidades de condução de corrente adequadamente escolhidas nas tabelas 28, 29, 30 e 31, afetadas, se for o caso, dos fatores de correção dados nas tabelas 32 a 38.

NOTAS

1 As tabelas 28, 29, 30 e 31 dão as capacidades de condução de corrente para os métodos de referência A, B, C, D, E, F, G, H e I, descritos em 6.2.5.1.2, aplicáveis aos diversos tipos de linhas, conforme indicado na tabela 25.

2 As capacidades de condução de corrente dadas nas tabelas 28, 29, 30 e 31 referem-se ao funcionamento contínuo em regime permanente (fator de carga 100%), em corrente contínua ou em corrente alternada com freqüência de 50 Hz ou 60 Hz.

3 As capacidades de condução de corrente em canaletas (colunas C e D das tabelas de 28 a 31) foram calculadas para condições de instalação pré-fixadas (exemplo: dimensões das canaletas, agrupamento dos cabos etc.). A alteração de uma ou mais dessas condições de instalação implica uma variação na temperatura no interior da canaleta, diferente da utilizada no cálculo dos valores. Dessa forma, recomenda-se consultar o fabricante de cabos, caso seja necessário o cálculo dos fatores de correção para este tipo de instalação.

6.2.5.2.3 Os valores adequados de capacidades de condução de corrente podem ser calculados como indicado na NBR 11301. Em cada caso pode-se levar em consideração as características da carga e, para os cabos enterrados, a resistividade térmica real do solo.

6.2.5.3 Temperatura ambiente

6.2.5.3.1 O valor da temperatura ambiente a utilizar é o da temperatura do meio circundante quando o cabo ou o condutor considerado não estiver carregado.

6.2.5.3.2 Quando o valor da capacidade de condução de corrente for escolhido utilizando as tabelas 28 a 31, as temperaturas ambientes de referência são as seguintes:

a) para cabos enterrados diretamente no solo ou em eletrodutos enterrados: 20°C;

b) para as demais maneiras de instalar: 30°C.

6.2.5.3.3 Quando forem utilizadas as tabelas 28 a 31 e a temperatura ambiente no local em que devem ser instalados os cabos diferir das temperaturas de referência, os fatores de correção especificados na tabela 32 devem ser aplicados aos valores de capacidade de condução de corrente das tabelas 28 a 31.

6.2.5.3.4 Os fatores de correção da tabela 32 não consideram o aumento de temperatura devido à radiação solar ou a outras radiações infravermelhas. Quando os cabos forem submetidos a tais radiações, as capacidades de condução de corrente devem ser calculadas pelos métodos especificados na NBR 11301.

6.2.5.4 Resistividade térmica do solo

6.2.5.4.1 As capacidades de condução de corrente das tabelas 28 a 31 para os cabos enterrados correspondem a uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W.

6.2.5.4.2 Em locais onde a resistividade térmica do solo for superior a 2,5 K.m/W, caso típico de solos secos, deve ser feita uma redução adequada nos valores de capacidade de condução de corrente, a menos que o solo na vizinhança imediata dos cabos seja substituído por terra mais apropriada. A tabela 33 fornece os fatores de correção para resistividades térmicas do solo diferentes de 2,5 K.m/W.

6.2.5.5 Agrupamento de circuitos

6.2.5.5.1 Os fatores de correção especificados nas tabelas 34 a 38 são aplicáveis a grupos de cabos unipolares ou cabos multipolares com a mesma temperatura máxima para serviço contínuo. Para grupos contendo cabos com diferentes temperaturas máximas para serviço contínuo, a capacidade de condução de corrente de todos os cabos do grupo deve ser baseada na menor das temperaturas máximas para serviço contínuo de qualquer cabo do grupo, afetada do fator de correção adequado.

6.2.5.5.2 Se, devido a condições de funcionamento conhecidas, um circuito ou cabo multipolar for previsto para conduzir não mais do que 30% da capacidade de condução de corrente de seus condutores, já afetada pelo fator de correção aplicável, o circuito ou cabo multipolar pode ser omitido para efeito da obtenção do fator de correção do restante do grupo.

6.2.5.6 Condutores em paralelo

Quando dois ou mais condutores são ligados em paralelo na mesma fase ou polaridade, devem ser tomadas medidas para garantir que a corrente se divida igualmente entre eles.

6.2.5.7 Variações das condições de instalação num percurso

Quando os condutores e cabossão instalados num percurso ao longo do qual as condições de resfriamento (dissipação de calor) variam, as capacidades de condução de corrente devem ser determinadas para a parte do percurso que apresenta as condições mais desfavoráveis.

Tabela 28 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A, B, C, D, E, F, G, H e I

- **cabos unipolares e multipolares - condutor de cobre, isolação de XLPE e EPR**
- **temperatura de 90°C no condutor**
- **temperaturas: 30°C (ambiente); 20°C (solo)**

	Métodos de instalação definidos na tabela 25									
	Seção mm²	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tensão nominal menor ou igual a 8,7/15 kV	10	87	105	80	92	67	55	63	65	78
	16	114	137	104	120	87	70	81	84	99
	25	150	181	135	156	112	90	104	107	126
	35	183	221	164	189	136	108	124	128	150
	50	221	267	196	226	162	127	147	150	176
	70	275	333	243	279	200	154	178	183	212
	95	337	407	294	336	243	184	213	218	250
	120	390	470	338	384	278	209	241	247	281
	150	445	536	382	433	315	234	270	276	311
	185	510	613	435	491	357	263	304	311	347
	240	602	721	509	569	419	303	351	358	395
	300	687	824	575	643	474	340	394	402	437
	400	796	959	658	734	543	382	447	453	489
	500	907	1100	741	829	613	426	502	506	542
	630	1027	1258	829	932	686	472	561	562	598
	800	1148	1411	916	1031	761	517	623	617	655
	1000	1265	1571	996	1126	828	555	678	666	706
Tensão nominal maior que 8,7/15 kV	16	118	137	107	120	91	72	83	84	98
	25	154	179	138	155	117	92	106	108	125
	35	186	217	166	187	139	109	126	128	149
	50	225	259	199	221	166	128	148	151	175
	70	279	323	245	273	205	156	181	184	211
	95	341	394	297	329	247	186	215	219	250
	120	393	454	340	375	283	211	244	248	281
	150	448	516	385	423	320	236	273	278	311
	185	513	595	437	482	363	265	307	312	347
	240	604	702	510	560	425	306	355	360	395
	300	690	802	578	633	481	342	398	404	439
	400	800	933	661	723	550	386	452	457	491
	500	912	1070	746	817	622	431	507	511	544
	630	1032	1225	836	920	698	477	568	568	602
	800	1158	1361	927	1013	780	525	632	628	660
	1000	1275	1516	1009	1108	849	565	688	680	712

Tabela 29 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A, B, C, D, E, F, G, H e I
- **cabos unipolares e multipolares - condutor de alumínio, isolação de XLPE e EPR**
- **temperatura de 90°C no condutor**
- **temperaturas: 30°C (ambiente); 20°C (solo)**

	Métodos de instalação definidos na tabela 26									
	Seção mm^2	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tensão nominal menor ou igual a 8,7/15 kV	10	67	81	61	71	51	42	49	50	60
	16	88	106	80	93	67	55	63	65	77
	25	116	140	105	121	87	70	81	83	98
	35	142	172	127	147	105	83	96	99	117
	50	171	208	152	176	126	98	114	117	137
	70	214	259	188	217	156	120	139	142	166
	95	262	317	228	262	188	143	166	169	197
	120	303	367	263	300	216	163	189	192	222
	150	346	418	297	338	245	182	211	215	246
	185	398	480	339	385	279	205	239	243	276
	240	472	566	398	448	328	238	277	281	316
	300	541	649	453	508	373	267	312	316	352
	400	635	763	525	586	433	305	357	361	398
	500	735	885	601	669	496	345	406	409	447
	630	848	1026	685	763	566	388	461	462	501
	800	965	1167	770	856	640	432	519	517	556
	1000	1083	1324	853	953	709	473	576	568	610
Tensão nominal maior que 8,7/15 kV	16	91	106	82	93	70	56	64	65	76
	25	119	139	107	121	91	71	82	83	97
	35	144	169	129	145	108	84	98	99	116
	50	174	201	154	172	129	100	115	117	137
	70	217	251	190	212	159	121	141	143	166
	95	264	306	230	256	192	145	168	170	196
	120	306	354	264	293	220	164	191	193	221
	150	348	402	299	330	248	183	213	216	246
	185	400	465	341	377	283	207	241	244	276
	240	472	550	399	440	333	239	280	282	316
	300	541	630	454	498	378	269	315	317	352
	400	634	740	525	575	437	306	361	363	399
	500	733	858	601	657	501	347	410	412	448
	630	845	994	686	750	572	391	465	465	502
	800	961	1119	774	837	649	437	526	522	559
	1000	1081	1270	858	934	722	479	584	576	614

Tabela 30 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A, B, C, D, E, F, G, H e I

- **cabos unipolares e multipolares - condutor de cobre, isolação de EPR**
- **temperatura de 105°C no condutor**
- **temperaturas: 30°C (ambiente); 20°C (solo)**

	Métodos de instalação definidos na tabela 25									
	Seção mm^2	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tensão nominal menor ou igual a 8,7/15 kV	10	97	116	88	102	75	60	68	70	84
	16	127	152	115	133	97	76	88	90	107
	25	167	201	150	173	126	98	112	115	136
	35	204	245	182	209	153	117	134	137	162
	50	246	297	218	250	183	138	158	162	190
	70	307	370	269	308	225	168	192	197	229
	95	376	453	327	372	273	200	229	235	270
	120	435	523	375	425	313	227	260	266	303
	150	496	596	424	479	354	254	291	298	336
	185	568	683	482	543	403	286	328	335	375
	240	672	802	564	630	472	330	379	387	427
	300	767	918	639	712	535	369	426	434	473
	400	890	1070	731	814	613	416	483	490	529
	500	1015	1229	825	920	693	465	543	548	588
	630	1151	1408	924	1035	777	515	609	609	650
	800	1289	1580	1022	1146	863	565	676	671	712
	1000	1421	1762	1112	1253	940	608	738	725	769
Tensão nominal maior que 8,7/15 kV	16	131	151	118	132	102	78	90	91	106
	25	171	199	153	171	131	100	114	116	135
	35	207	240	184	206	156	118	136	138	161
	50	250	286	220	244	187	139	160	163	189
	70	b	357	272	301	230	169	195	198	228
	95	379	436	329	362	278	202	232	236	269
	120	438	503	377	414	319	229	263	267	303
	150	498	572	426	467	360	256	294	299	336
	185	571	660	484	532	409	288	331	337	375
	240	672	779	565	619	479	332	383	389	427
	300	768	891	641	699	542	372	430	436	475
	400	891	1037	734	800	621	420	488	493	531
	500	1018	1192	829	905	703	469	549	553	590
	630	1155	1367	930	1020	790	521	616	616	653
	800	1297	1518	1033	1124	882	574	686	682	718
	1000	1430	1694	1125	1231	961	619	748	739	775

Tabela 31 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A, B, C, D, E, F, G, H e I
- **cabos unipolares e multipolares – condutor de alumínio, isolação de EPR**
- **temperatura de 90 °C no condutor**
- **temperaturas: 30 °C (ambiente); 20 °C (solo)**

	Métodos de instalação definidos na tabela 25									
	Seção mm²	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tensão nominal menor ou igual a 8,7/15 kV	10	75	89	68	79	58	51	53	54	64
	16	98	118	89	103	75	66	68	70	83
	25	129	156	116	134	98	85	87	89	106
	35	158	190	141	162	118	102	104	106	126
	50	191	231	169	194	141	121	123	126	148
	70	239	288	209	240	175	147	150	153	179
	95	292	352	253	289	212	177	179	182	212
	120	338	408	291	331	243	201	203	207	239
	150	385	464	329	374	275	226	227	231	266
	185	443	534	376	425	314	256	257	261	298
	240	525	629	441	495	370	298	298	303	341
	300	603	722	502	561	421	337	336	341	381
	400	708	850	582	648	488	387	386	389	430
	500	820	986	666	740	560	440	439	442	483
	630	947	1145	760	844	639	499	498	499	542
	800	1079	1302	856	948	723	560	562	559	603
	1000	1213	1480	950	1057	803	618	624	616	663
Tensão nominal maior que 8,7/15 kV	16	101	117	91	102	79	68	69	70	82
	25	133	154	118	133	102	87	89	90	105
	35	160	186	143	160	121	103	105	107	125
	50	194	222	171	189	145	123	124	126	147
	70	241	278	211	234	179	150	152	154	178
	95	294	339	255	282	216	179	181	183	211
	120	340	391	293	323	247	204	205	208	239
	150	387	445	330	363	279	229	230	232	265
	185	444	516	377	416	318	259	260	262	298
	240	524	610	441	485	374	302	302	304	341
	300	601	699	501	550	425	340	340	342	381
	400	705	822	581	635	493	390	389	391	431
	500	815	953	665	726	565	444	443	444	484
	630	941	1106	760	829	646	504	503	503	543
	800	1070	1244	857	926	733	568	569	565	606
	1000	1205	1414	953	1034	815	628	632	624	666

Tabela 32 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	EPR ou XLPE	EPR 105
Ambiente		
10	1,15	1,13
15	1,12	1,10
20	1,08	1,06
25	1,04	1,03
35	0,96	0,97
40	0,91	0,93
45	0,87	0,89
50	0,82	0,86
55	0,76	0,82
60	0,71	0,77
65	0,65	0,73
70	0,58	0,68
75	0,50	0,63
80	0,41	0,58
Do solo		
10	1,07	1,06
15	1,04	1,03
25	0,96	0,97
30	0,93	0,94
35	0,89	0,91
40	0,85	0,87
45	0,80	0,84
50	0,76	0,80
55	0,71	0,76
60	0,65	0,72
65	0,60	0,68
70	0,53	0,64
75	0,46	0,59
80	0,38	0,54

Tabela 33 - Fatores de correção para cabos contidos em eletrodutos enterrados no solo ou diretamente enterrados, com resistividades térmicas diferentes de 2,5 K.m/W, a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência F, G, H e I

Resistividade térmica (K.m/W)	1	1,5	2	3
Fator de correção métodos F e G	1,25	1,15	1,07	0,94
Fator de correção métodos H e I	1,46	1,24	1,10	0,92

NOTAS

1 Os fatores de correção dados são valores médios para as seções nominais incluídas nas tabelas 28, 29, 30 e 31, com uma dispersão geralmente inferior a 5%.

2 Os fatores de correção são aplicáveis a cabos em eletrodutos enterrados ou diretamente enterrados, a uma profundidade de até 0,9 m.

3 Fatores de correção para resistividades térmicas diferentes podem ser calculados pelos métodos dados na NBR 11301.

Tabela 34 - Fatores de correção para cabos unipolares em plano espaçados ao ar livre a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência B

<table>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas</td><td colspan="3">Número de ternas</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Instalação em bandejas</td><td rowspan="5">2 cm
d d
30 cm
30 cm</td><td>Número de bandejas</td><td colspan="3">Fator de correção (fa)</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1,00</td><td>0,97</td><td>0,96</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0,97</td><td>0,94</td><td>0,93</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0,96</td><td>0,93</td><td>0,92</td></tr>
<tr><td>6</td><td>0,94</td><td>0,91</td><td>0,90</td></tr>
<tr><td>Instalação vertical</td><td colspan="2">2 cm
d
d</td><td>0,94</td><td>0,91</td><td>0,89</td></tr>
<tr><td>Casos onde não há necessidade de correção</td><td colspan="5">No caso de instalações em plano, aumentando-se a distância entre os cabos, reduz-se o aquecimento mútuo. Entretanto, simultaneamente, aumentam-se as perdas nas blindagens metálicas. Por isso torna-se impossível dar indicação sobre disposições para as quais não há necessidade de fator de correção.</td></tr>
<tr><td colspan="6">NOTAS
1 Esses fatores são aplicáveis a grupos de cabos uniformemente carregados.
2 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.</td></tr>
</table>

6.2.6 Correntes de curto-circuito

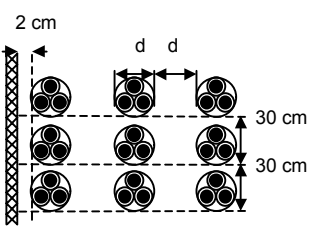
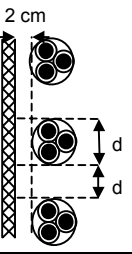
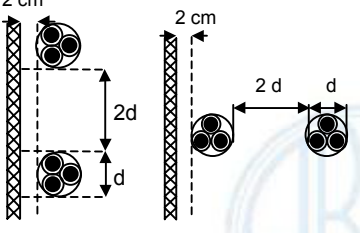
6.2.6.1 Correntes de curto-circuito nos condutores

Os valores máximos das correntes de curto-circuito que podem percorrer os condutores dos cabos devem ser indicados pelos fabricantes.

6.2.6.2 Correntes de curto-circuito na blindagem metálica do cabo

Os valores máximos das correntes de curto-circuito que podem percorrer as blindagens metálicas dos cabos devem ser indicados pelos fabricantes.

6.2.7 Quedas de tensão

NOTA - Para o cálculo da queda de tensão num circuito, deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito, calculada a partir das prescrições de 4.2.1.

6.2.7.1 A queda de tensão entre a origem de uma instalação e qualquer ponto de utilização deve ser menor ou igual a 5%.

6.2.7.2 Quedas de tensão maiores que as indicadas um 6.2.7.1 são permitidas para equipamentos com corrente de partida elevada, durante o período de partida, desde que dentro dos limites permitidos em suas normas respectivas.

Tabela 35 - Fatores de correção para cabos unipolares em trifólio ao ar livre a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência A

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas			Número de ternas		
			1	2	3
		Número de bandejas	Fator de correção (fa)		
Instalação em bandejas	2 cm; 2 d; 2d; 30 cm; 30 cm	1	1,00	0,98	0,96
		2	1,00	0,95	0,93
		3	1,00	0,94	0,92
		6	1,00	0,93	0,90
Instalação vertical	2 cm; 2d; 2d		1,00	0,93	0,90
Casos onde não há necessidade de correção	2 cm; 4 d; 2d; 2 cm; 4d; 2d		Número qualquer de ternas		

NOTAS

1 Esses fatores são aplicáveis a grupos de cabos uniformemente carregados.

2 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.

Tabela 36 - Fatores de correção para cabos tripolares ao ar livre a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência A

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas		Número de cabos				
		1	2	3	6	9
	Número de bandejas	Fator de correção (fa)				
Instalação em bandejas	1	1,00	0,98	0,96	0,93	0,92
	2	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89
	3	1,00	0,94	0,92	0,89	0,88
	6	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86
Instalação vertical		1,00	1,00	0,90	0,87	0,87
Casos onde não há necessidade de correção		Número qualquer de cabos				

NOTAS

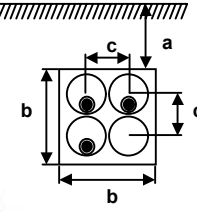
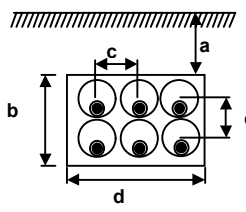
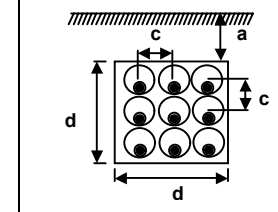
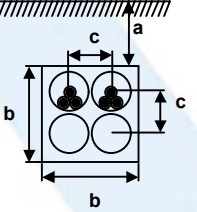
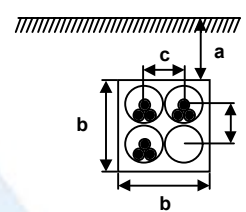
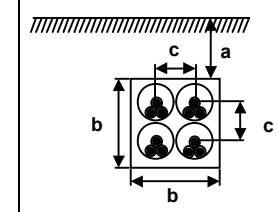
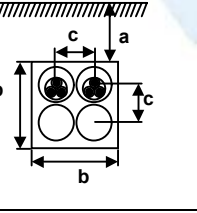
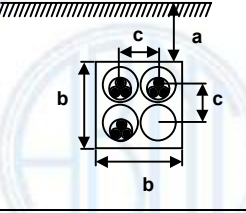
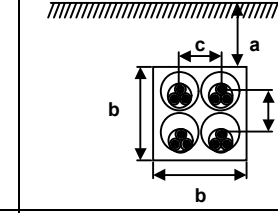
1 Esses fatores são aplicáveis a grupos de cabos uniformemente carregados.

2 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.

6.2.8 Conexões

6.2.8.1 As conexões de condutores entre si e com equipamentos devem ser adequadas aos materiais do(s) condutor(es) ou dos terminais dos equipamentos e instaladas e utilizadas de modo adequado.

6.2.8.2 As conexões devem estar em condições de suportar os esforços provocados por correntes de valores iguais às capacidades de condução de corrente e por correntes de curto-circuito, determinadas pelas características dos dispositivos de proteção. Por outro lado, as conexões não devem sofrer modificações inadmissíveis em decorrência de seu aquecimento, do envelhecimento dos isolantes e das vibrações que ocorrem em serviço normal. Em particular, devem ser consideradas as influências da dilatação térmica e das tensões eletroquímicas que variam de metal para metal, bem como as influências das temperaturas que afetam a resistência mecânica dos materiais.

6.2.8.3 Devem ser tomadas precauções para evitar que partes metálicas de conexões energizem outras partes metálicas normalmente isoladas de partes vivas.

6.2.8.4 Salvo nos casos de linhas aéreas, as conexões de condutores entre si e com equipamentos não devem ser submetidas a qualquer esforço de tração ou de torção.

6.2.8.5 Para as linhas elétricas constituídas por condutos fechados, só se admitem conexões contidas em invólucros apropriados, tais como caixas, quadros etc., que garantam a necessária acessibilidade e proteção mecânica.

6.2.8.6 As conexões devem ser realizadas de modo que a pressão de contato independa do material isolante.

6.2.8.7 Quando dispositivos ou equipamentos elétricos forem previstos para serem diretamente ligados a condutores de alumínio, estes devem atender aos requisitos das normas de conexões para alumínio.

Tabela 37 - Fatores de correção para cabos unipolares e cabos tripolares em banco de dutos a serem aplicados às capacidades de condução de corrente dos métodos de referência F e G

Multiplicar pelos valores do método de referência G (um cabo unipolar por duto)			
Até seção 95 mm^2 inclusive	1,00	0,90	0,82
Acima de 95 mm^2	1,00	0,87	0,77
Multiplicar pelos valores do método de referência F (três cabos unipolares em trifólio por duto)			
Até seção 95 mm^2 inclusive	0,91	0,85	0,79
Acima de 95 mm^2	0,88	0,81	0,73
Multiplicar pelos valores do método de referência F (1 cabo tripolar por duto)			
Até seção 95 mm^2 inclusive	0,91	0,85	0,79
Acima de 95 mm^2	0,88	0,81	0,73

NOTAS

1 Os valores indicados são aplicáveis para uma resistividade térmica do solo de 0,9 K.m/W. São valores médios para as mesmas dimensões dos cabos utilizados nas colunas F e G das tabelas 28 a 31. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos ou para outras configurações, deve-se recorrer à NBR 11301.

2 Dimensões: a = 76 cm, b = 48 cm, c = 20 cm, d = 68 cm.

6.2.8.8 As conexões para alumínio com aperto por meio de parafuso devem ser instaladas deforma a garantir pressão adequada sobre o condutor de alumínio. Esta pressão é assegurada pelo uso de torque controlado durante o aperto do parafuso. O torque adequado deve ser fornecido pelo fabricante do conector ou do equipamento que possua os conectores.

6.2.8.9 As conexões prensadas devem ser realizadas por meio de ferramentas adequadas para o tipo de tamanho de conector utilizado, de acordo com as recomendações do fabricante do conector.

6.2.8.10 Em condutores de alumínio somente são admitidas emendas por meio de conectores por compressão ou solda adequada.

6.2.8.11 A conexão entre cobre e alumínio somente deve ser realizada por meio de conectores adequados a este fim.

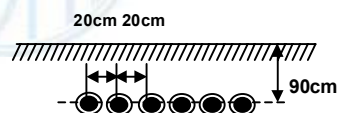
6.2.8.12 Em locais sujeitos às condições de influências externas AD2, AD3 e AD4, todos os componentes de uma conexão devem ser protegidos contra corrosões provocadas pela presença de água e/ou umidade

Tabela 38 - Fatores de correção para cabos unipolares e cabos tripolares em banco de dutos a serem aplicados às capacidades de condução de corrente dos métodos de referência H e I

Multiplicar pelos valores do método de referência I (cabos unipolares espaçados diretamente enterrados)			
Até seção 95 mm² inclusive	1,00	0,87	0,80
Acima de 95 mm²	1,00	0,85	0,78
Multiplicar pelos valores do método de referência H (cabos unipolares em trifólio diretamente enterrados)			
Até seção 95 mm² inclusive	0,86	0,79	0,71
Acima de 95 mm²	0,83	0,76	0,67
Multiplicar pelos valores do método de referência H (cabo tripolar diretamente enterrado)			
Até seção 95 mm² inclusive	0,86	0,79	0,71
Acima de 95 mm²	0,83	0,76	0,67

NOTAS

1 Os valores indicados são aplicáveis para uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. São valores médios para as mesmas dimensões dos cabos utilizados nas colunas H e I das tabelas 28 a 31. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos ou para outras configurações, deve-se recorrer à NBR 11301.

2 Dimensões (para todas as configurações da tabela 38):

6.2.9 Condições gerais de instalação

6.2.9.1 Proteção contra influências externas

A proteção contra influências externas conferida pela maneira de instalar deve ser assegurada de maneira contínua.

6.2.9.2 Extremidades

Nas extremidades das linhas elétricas e especialmente nos locais de penetração nos equipamentos, a proteção deve ser conseguida de maneira contínua e, se necessário, deve ser assegurada a estanqueidade.

6.2.9.3 Travessias de paredes

Nas travessias de paredes, as linhas elétricas devem ser providas de proteção mecânica adequada.

6.2.9.4 Vizinhança

6.2.9.4.1 Nos casos de vizinhança entre linhas elétricas e canalizações não elétricas, as linhas e as canalizações devem ser dispostas de forma a manter entre suas superfícies externas uma distância tal que toda intervenção em uma instalação não arrisque danificar as outras. Na prática, uma distância de 20 cm é considerada como suficiente. Esta regra não se aplica às linhas e canalizações embutidas.

6.2.9.4.2 Na vizinhança de canalizações de calefação, de ar quente ou de dutos de exaustão de fumaça, as linhas elétricas não devem correr o risco de serem levadas a uma temperatura prejudicial e, por conseguinte, devem ser mantidas a uma distância suficiente ou ser separadas daquelas canalizações por anteparos adequados.

6.2.9.4.3 As linhas elétricas não devem utilizar dutos de exaustão de fumaça ou de ventilação.

6.2.9.4.4 As linhas elétricas não devem ser colocadas paralelamente abaixo de canalizações que possam gerar condensações (tais como tubulações de água, de vapor, de gás etc.), a menos que sejam tomadas precauções para proteger as linhas elétricas dos efeitos dessas condensações.

6.2.9.4.5 As linhas elétricas não devem utilizar as mesmas canaletas ou poços que as canalizações não elétricas, exceto se as seguintes condições forem simultaneamente atendidas:

a) a proteção contra contatos indiretos for assegurada conforme as prescrições de 5.1.2, considerando-se as canalizações metálicas não elétricas como elementos condutores;

b) as linhas elétricas forem completamente protegidas contra perigos que possam resultar da presença de outras instalações.

6.2.9.5 Vizinhança com outras linhas elétricas

As linhas elétricas de diferentes tensões nominais não devem ser colocadas nas mesmas canaletas ou poços, a menos que sejam tomadas precauções adequadas para evitar que, em caso de falta, os circuitos de menores tensões nominais sejam submetidos a sobretensões.

6.2.9.6 Barreiras corta-fogo

6.2.9.6.1 Nas travessias de pisos e paredes por linhas elétricas, devem ser tomadas precauções adequadas para evitar a propagação de um incêndio.

6.2.9.6.2 Nos espaços de construção e nas galerias, devem ser tomadas precauções adequadas para evitar a propagação de um incêndio.

6.2.10 Instalações de cabos

6.2.10.1 Os cabos multipolares só devem conter os condutores de um e apenas um circuito e, se for o caso, o condutor de proteção respectivo.

6.2.10.2 Os condutos fechados podem conter condutores de mais de um circuito quando as três condições seguintes forem simultaneamente atendidas:

a) os circuitos pertencerem à mesma instalação, isto é, se originarem do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção, sem a interposição de equipamentos que transformem a corrente elétrica;

b) as seções nominais dos condutores fase estiverem contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos;

c) os cabos tiverem a mesma temperatura máxima para serviço contínuo.

6.2.10.3 Os cabos unipolares pertencentes a um mesmo circuito devem ser instalados na proximidade imediata uns dos outros. Essa regra aplica-se igualmente ao condutor de proteção correspondente.

6.2.10.4 Não é permitida a instalação de um único cabo unipolar no interior de um conduto fechado de material condutor.

6.2.10.5 Quando vários cabos forem reunidos em paralelo, eles devem ser reunidos em tantos grupos quantos forem os cabos em paralelo, com cada grupo contendo um cabo de cada fase ou polaridade. Os cabos de cada grupo devem estar instalados na proximidade imediata uns dos outros.

NOTA - Em particular, no caso de condutos fechados de material condutor, todos os condutores vivos de um mesmo circuito devem estar contidos em um mesmo conduto.

6.2.10.6 Devem ser ligadas à terra as blindagens e/ou capas metálicas dos cabos em uma das extremidades. A segunda extremidade pode ser aterrada.

NOTA - A segunda extremidade pode ser aterrada, desde que a transferência de potencial e a corrente que circula pela blindagem estejam dentro de limites aceitáveis. São exemplos de situações onde isto ocorre:

a) em alimentadores longos, onde a força eletromotriz induzida na blindagem ou capa metálica, quando aterrada em uma só extremidade, pode atingir um valor perigoso para as pessoas ou mesmo causar centelhamento;

b) quando se pretende utilizar as blindagens como caminho de retorno da corrente de falta para a fonte.

6.2.11 Prescrições para instalação

6.2.11.1 Eletrodutos não enterrados

6.2.11.1.1 As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Para isso, é necessário que a taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:

a) 40% no caso de um cabo;

b) 30% no caso de dois ou mais cabos.

6.2.11.1.2 Em cada trecho de tubulação, entre duas caixas, entre extremidades, ou entre extremidade e caixa, podem ser previstas no máximo três curvas de 90° ou seu equivalente até no máximo 270°. Em nenhuma hipótese devem ser previstas curvas com deflexão superior a 90°.

6.2.11.1.3 As curvas feitas diretamente nos eletrodutos não devem reduzir efetivamente seu diâmetro interno.

6.2.11.1.4 Devem ser empregadas caixas de derivação:

a) em todos os pontos de entrada ou saída dos cabos da tubulação, exceto nos pontos de transição ou passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser rematados com buchas;

b) em todos os pontos de emenda ou derivação de cabos;

c) para dividir a tubulação em trechos adequados que considerem os esforços de tração aos quais os cabos possam estar sujeitos durante o puxamento.

6.2.11.1.5 Os cabos devem formar trechos contínuos entre as caixas de derivação; as emendas e derivações devem ficar colocadas dentro das caixas. Cabos emendados ou cujos componentes tenham sido danificados e recompostos não devem ser enfiados em eletrodutos.

6.2.11.1.6 Os eletrodutos embutidos em concreto armado devem ser colocados de modo a evitar sua deformação durante a concretagem, devendo ainda ser fechadas as caixas e bocas dos eletrodutos com peças apropriadas, para impedir a entrada de argamassas ou nata de concreto durante a concretagem.

6.2.11.1.7 As junções dos eletrodutos embutidos devem ser efetuadas com auxílio de acessórios estanques em relação aos materiais de construção.

6.2.11.1.8 Os eletrodutos só devem ser cortados perpendicularmente a seu eixo. Deve ser retirada toda rebarba suscetível de danificar a isolação dos cabos.

6.2.11.1.9 Nas juntas de dilatação, os eletrodutos rígidos devem ser secionados, devendo ser mantidas as características necessárias à sua utilização (por exemplo, no caso de eletrodutos metálicos, a continuidade elétrica deve ser sempre mantida).

6.2.11.1.10 Quando necessário, os eletrodutos rígidos isolantes devem ser providos de juntas de expansão para compensar as variações térmicas.

6.2.11.1.11 Os cabos somente devem ser enfiados depois de estar completamente terminada a rede de eletrodutos e concluídos todos os serviços de construção que os possam danificar. O puxamento só deve ser iniciado após a tubulação estar perfeitamente limpa.

6.2.11.1.12 Para facilitar a enfiação dos cabos, podem ser utilizados:

a) guias de puxamento que, entretanto, só devem ser introduzidos no momento do puxamento dos cabos e não durante a execução das tubulações;

b) talco, parafina ou outros lubrificantes que não prejudiquem a integridade do cabo.

6.2.11.1.13 Somente são admitidos em instalação aparente eletrodutos que não propaguem a chama.

6.2.11.1.14 Somente são admitidos em instalação embutida os eletrodutos que suportem os esforços de deformação característicos do tipo de construção utilizado.

6.2.11.1.15 Em instalação embutida, os eletrodutos que possam propagar a chama devem ser totalmente envolvidos por materiais incombustíveis.

6.2.11.2 Ao ar livre (cabos em bandejas, leitos, prateleiras e suportes)

6.2.11.2.1 Os meios de fixação, as bandejas, leitos, prateleiras ou suportes devem ser escolhidos e dispostos de maneira a não poder trazer prejuízo aos cabos. Eles devem possuir propriedades que lhes permitam suportar sem danos as influências externas a que são submetidos.

6.2.11.2.2 Nos percursos verticais deve ser assegurado que os esforços de tração exercidos pelo peso dos cabos não conduzam a deformações ou rupturas dos condutores. Tais esforços de tração não devem ser exercidos sobre as conexões.

6.2.11.2.3 Nas bandejas, leitos e prateleiras, os cabos devem ser dispostos preferencialmente em uma única camada.

6.2.11.3 Canaletas

As canaletas instaladas no solo são classificadas, sob o ponto de vista das influências externas (presença de água), como AD4, conforme tabela 3.

6.2.11.4 Linhas elétricas enterradas

6.2.11.4.1 Em instalações com cabos diretamente enterrados, somente são admitidos:

a) cabos unipolares ou multipolares providos de armação; ou

b) cabos unipolares ou multipolares sem armação, porém com proteção mecânica adicional provida pelo método construtivo adotado.

6.2.11.4.2 Os cabos devem ser protegidos contra as deteriorações causadas por movimentação de terra, contato com corpos duros, choque de ferramentas em caso de escavações, bem como contra umidade e ações químicas causadas pelos elementos do solo.

6.2.11.4.3 Como prevenção contra os efeitos de movimentação de terra, os cabos devem ser instalados, em terreno normal, pelo menos a 0,90 m da superfície do solo. Essa profundidade deve ser aumentada para 1,20 m na travessia de vias acessíveis a veículos e numa zona de 0,50 m de largura, de um lado e de outro dessas vias. Essas profundidades podem ser reduzidas em terreno rochoso ou quando os cabos estiverem protegidos, por exemplo, por eletrodutos que suportem sem danos as influências externas a que possam ser submetidos.

6.2.11.4.4 Quando uma linha enterrada cruzar com uma outra linha elétrica enterrada, elas devem, em princípio, encontrar-se a uma distância mínima de 0,20 m.

6.2.11.4.5 Quando uma linha elétrica enterrada estiver ao longo ou cruzar com condutos de instalações não elétricas, uma distância mínima de 0,20 m deve existir entre seus pontos mais próximos. Em particular, no caso de linhas de telecomunicações que estejam paralelas às linhas de média tensão, deve ser mantida uma distância mínima de 0,50 m.

6.2.11.4.6 Qualquer linha enterrada deve ser continuamente sinalizada por um elemento de advertência (por exemplo, fita colorida) não sujeito à deterioração, situado no mínimo a 0,10 m acima dela.

6.2.11.4.7 As emendas e derivações devem ser feitas de modo a assegurar a continuidade das características elétricas e mecânicas dos cabos.

As emendas e derivações dos cabos instalados em eletrodutos devem localizar-se em poços de inspeção.

6.2.11.4.8 Os poços de inspeção devem ser construídos em alvenaria ou material equivalente, ter resistência e drenagens adequadas e dispor de tampa superior resistente à carga a que pode ser submetida.

Os poços com mais de 0,60 m de profundidade devem permitir o ingresso de uma pessoa. Para isso, devem ter dimensões mínimas tais que seja possível inscrever-se, na parte inferior livre para circulação, um círculo de diâmetro mínimo de 0,80 m. O tampão de entrada deve ser circular com diâmetro mínimo de 0,60 m. Na parte interna, o poço deve dispor de degraus espaçados em 0,30 m.

O piso do poço deve situar-se 0,30 m abaixo da parte inferior do eletroduto de nível mais baixo.

Os poços devem ter dispositivo para facilitar a drenagem.

6.2.11.4.9 O raio de curvatura mínimo dos cabos deve obedecer à NBR 9511.

6.2.11.4.10 Os cabos com armação podem ser enterrados diretamente no solo.

6.2.11.4.11 Os cabos não armados somente podem ser instalados devidamente protegidos por eletrodutos, salvo quando fabricados especialmente para instalação direta no solo. Quando instalados em canaletas abertas, são considerados como instalação ao ar livre.

6.2.11.4.12 Em caso de utilização de eletrodutos de material condutor, todos os condutores vivos devem passar pelo mesmo eletroduto.

As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Para isso, é necessário que a taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:

a) 40% no caso de um cabo;

b) 30% no caso de dois ou mais cabos.

As linhas de eletrodutos devem ter declividade adequada, para facilitar o escoamento das águas de infiltração, sendo no mínimo de 1%.

Entre dois poços de inspeção consecutivos, é permitida uma única curva, em qualquer plano, não superior a 45°.

6.2.11.5 Linhas aéreas

6.2.11.5.1 Condições mecânicas

É permitido o emprego de condutores nus, sendo necessária a utilização, nas proximidades de árvores, de condutores com proteção adequada ao contato acidental com a árvore. O condutor de proteção pode ser nu, em qualquer condição.

As emendas dos condutores devem ser executadas de modo a assegurar o perfeito e permanente contato elétrico e a continuidade das características mecânicas do condutor, não devendo ser feitas sobre os isoladores.

Sempre que houver esforços resultantes não suportáveis pelos pinos, provenientes de pontos finais, ângulos, esforços desbalanceados etc., devem ser usados isoladores e ferragens com características adequadas para as solicitações mecânicas, de acordo com as NBR 5433 e NBR 5434.

As junções entre condutores de materiais diferentes devem ser feitas exclusivamente com conectores apropriados que não possibilitem a corrosão.

A solicitação mecânica máxima dos condutores deve estar de acordo com as NBR 5433 e NBR 5434.

O pino deve suportar o peso do condutor, a pressão do vento sobre este e os esforços mecânicos do condutor, quando em ângulo ou em tangente.

As cruzetas podem ser de concreto armado, conforme NBR 8453, madeira adequada e tratada contra apodrecimento, conforme NBR 8458, ou de aço zincado, conforme acordo entre as partes. Os acessórios de fixação das cruzetas, quando de aço, devem ser zincados.

As cruzetas e os acessórios de fixação devem ser dimensionados para resistir à resultante dos esforços mecânicos provenientes dos condutores. No caso de pontos de deflexão, deve ser considerado ainda o desequilíbrio mais desfavorável da ruptura dos condutores. No caso de pontos de amarração, deve ser considerado o desequilíbrio resultante de ruptura de linhas, na situação mais desfavorável.

Os postes ou torres para suporte de linhas aéreas devem ser calculados de modo a resistirem à resultante de todos os esforços das linhas, pressão de vento e esforços provenientes de montagem. No caso de pontos de deflexão, deve ser considerado ainda o desequilíbrio mais desfavorável resultante da ruptura dos condutores. No caso de pontos de amarração, deve ser considerado o desequilíbrio resultante da ruptura de linhas, na situação mais desfavorável.

Os postes podem ser de concreto armado, conforme NBR 8451, de madeira adequadamente tratada, conforme NBR 8456, ou de aço (perfilado ou tubular), conforme acordo entre as partes.

6.2.11.5.2 Disposição dos condutores

Quando forem instalados diversos circuitos de tensões diferentes, eles devem ser dispostos em ordem decrescente de suas tensões, a partir da parte superior do suporte.

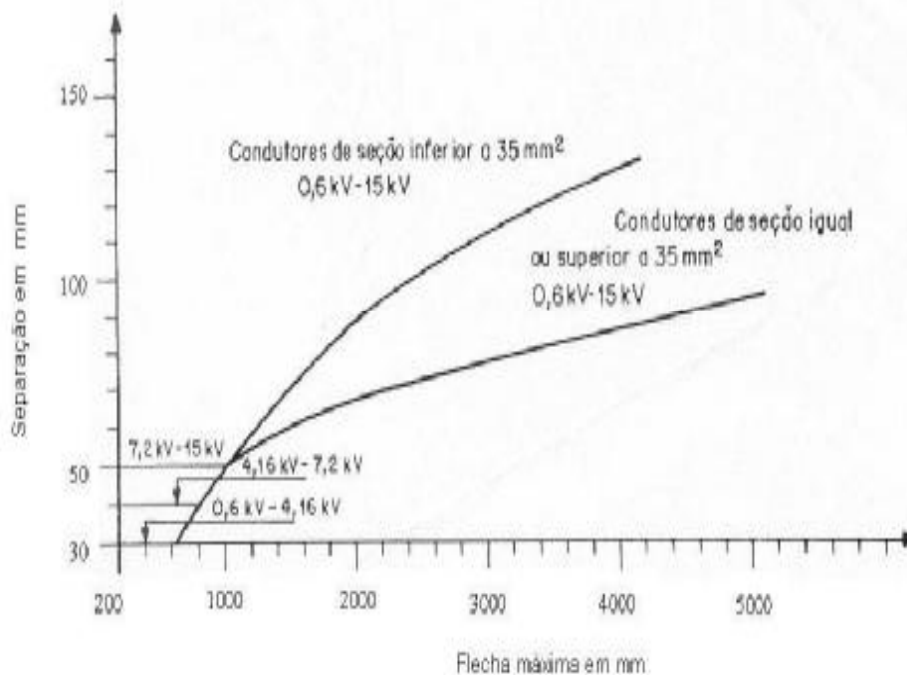
Os circuitos exclusivos para telefonia, sinalização e semelhantes devem ser instalados em nível inferior ao dos condutores de energia elétrica, de acordo com a NBR 5434.

As linhas aéreas, quando nas proximidades de linhas de comunicação ou semelhantes, devem ser instaladas de modo a evitar tensões induzidas que possam causar distúrbios ou danos aos operadores ou seus usuários.

6.2.11.5.3 Afastamentos

A distância entre condutores de um mesmo circuito ou circuitos diferentes, sustentados na mesma estrutura, deve obedecer:

a) em plano horizontal, aos valores indicados no gráfico da figura 9;

b) em qualquer outro plano, aos valores indicados no gráfico da figura 9, não devendo, porém, ser inferior a 0,66 m.

NOTA

1 Tensão entre fases - Cobre ou alumínio.

2 Para os valores de tensão nominal acima de 15 kV os dados acima estão em estudo.

Figura 9 - Separação mínima entre condutores de um mesmo circuito ou circuitos diferentes

A distância mínima, em qualquer direção, entre condutores de um circuito e os condutores de outro circuito, ou linhas de comunicação, mensageiros e cabos blindados instalados em estruturas diferentes, deve ser igual à flecha máxima mais 1 cm/kV, considerando o circuito de maior tensão. Esta separação não deve ser inferior a 1,20 m.

A distância vertical mínima entre condutores de um circuito e circuitos de natureza diferentes, instalados na mesma estrutura, deve estar de acordo com as NBR 5433 e NBR 5434.

A distância vertical mínima dos condutores, quando em cruzamento, instalados em estruturas diferentes, nas condições mais desfavoráveis, deve estar de acordo com as NBR 5433 e NBR 5434.

A distância vertical mínima dos condutores, acima do solo ou trilhos, nas condições mais desfavoráveis, deve estar de acordo com as NBR 5433 e NBR 5434.

A distância mínima de condutores de um circuito a qualquer parte da estrutura de suporte de circuitos diferentes deve ser maior ou igual a 1 m + 0,7*f*, onde *f* é a flecha, em metros, do condutor considerado.

Quando existirem circuitos instalados em planos horizontais diferentes, as flechas dos condutores do plano inferior devem ser iguais ou maiores que as do plano superior.

A distância vertical mínima de condutores a edificações, em locais acessíveis ou não, deve ser maior ou igual 2,40 m.

A distância horizontal mínima de condutores a edificações, em locais acessíveis, janelas, terraços, marquises e sacadas deve ser maior ou igual a 1,50 m + 0,7*f*, onde *f* é a flecha, em metros, do condutor considerado.

A distância horizontal mínima de condutores a edificações, em locais não acessíveis, como paredes e telhados, deve ser maior ou igual a 0,8 m + 0,7*f*, onde *f* é a flecha, em metros, do condutor considerado.

A distância entre linhas laterais e qualquer ponto de pontes ou estruturas deve ser no mínimo de 5 m em todas as direções, devendo, no entanto, estar de acordo com as NBR 5433 e NBR 5434.

6.2.11.6 Cabos aéreos isolados

Os cabos auto-sustentados devem ser instalados de forma a obedecer às condições de instalação estabelecidas pelo fabricante.

Nas instalações de cabos não auto-sustentados, os apoios e suportes do cabo-guia não podem ter espaçamentos superiores a 40 m, salvo especificações contrárias do fabricante.

As presilhas, envolventes ou simples suportes de fixação ou apoio, quando de seção retangular, não devem apresentar, no contato, dimensão inferior a 6% do diâmetro do cabo suportado e, quando de seção circular, seu diâmetro não deve ser inferior a 8% do diâmetro do cabo, sendo que em ambos os casos a dimensão mínima deve ser de 3 mm.

6.2.11.7 Barramentos blindados

6.2.11.7.1 Definição

Os barramentos blindados devem ser utilizados exclusivamente em instalações não embutidas, devendo ser previstas as possibilidades de impactos mecânicos e de agressividade do meio ambiente.

O invólucro deve ser solidamente ligado à terra e ao condutor de proteção, em toda sua extensão, por meio de condutor contínuo, acessível e instalado externamente.

Quando instalado em altura menor ou igual a 2,50 m, o invólucro não pode ter aberturas ou orifícios. Acima desse nível, são permitidos invólucros vazados, desde que não haja a possibilidade de contato acidental.

Quando instalado em ambiente sujeito a poeiras ou material em suspensão no ar, o invólucro deve ser do tipo hermético.

6.3 Dispositivos de proteção, seccionamento e comando

6.3.1 Generalidades

As prescrições desta subseção complementam as regras comuns de 6.1.

6.3.2 Prescrições comuns

6.3.2.1 Quando um dispositivo seccionar todos os condutores vivos de um circuito com mais de uma fase, o seccionamento do condutor neutro deve efetuar-se após ou virtualmente ao mesmo tempo em que o dos condutores fase e o condutor neutro deve ser religado antes ou virtualmente ao mesmo tempo que os condutores fase.

6.3.2.2 Em circuitos com mais de uma fase, não devem ser inseridos dispositivos unipolares no condutor neutro.

6.3.2.3 Dispositivos que assegurem, ao mesmo tempo, mais de uma função, devem satisfazer todas as prescrições previstas, nesta subseção, para cada uma das funções.

6.3.3 Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

6.3.3.1 Disposições gerais

Os disjuntores e as chaves seccionadoras sob carga devem ser operados em uma única tentativa por pessoas advertidas (BA4) e/ou qualificadas (BA5), conforme tabela 12.

6.3.3.2 Seleção dos dispositivos de proteção contra sobrecargas

Quando aplicável, a proteção contra sobrecargas deve ser assegurada por dispositivos que interrompam a corrente quando um condutor ao menos é percorrido por uma corrente de sobrecarga, a interrupção intervindo em um tempo suficientemente curto para que os condutores não sejam danificados.

6.3.3.3 Seleção dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos

A proteção contra curtos-circuitos deve ser assegurada por dispositivos que interrompam a corrente quando um condutor ao menos é percorrido por uma corrente de curto-circuito, a interrupção intervindo em um tempo suficientemente curto para que os condutores não sejam danificados.

6.3.3.4 Natureza dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos

Os dispositivos de proteção contra os curtos-circuitos são escolhidos entre os seguintes:

a) fusíveis;

b) disjuntores munidos de disparos associados aos relés.

6.3.3.5 Características dos dispositivos de proteção contra os curtos-circuitos

6.3.3.5.1 Um dispositivo que assegura a proteção contra curtos-circuitos deve atender às seguintes condições:

a) sua capacidade de interrupção deve ser no mínimo igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto onde este dispositivo é instalado;

b) o tempo de atuação do dispositivo deve ser menor do que o tempo de circulação da corrente de curto-circuito presumida de forma que a temperatura dos condutores atinja um valor menor ou igual aos valores especificados na tabela 27;

c) o dispositivo de proteção deve atuar para todas as correntes de curto-circuito, inclusive para a corrente de curto-circuito presumida mínima, a qual, geralmente, corresponde a um curto-circuito bifásico no ponto mais distante da linha elétrica.

6.3.3.5.2 Em substituição à condição de 6.3.3.5.1-a), admite-se a utilização de um dispositivo de proteção possuindo uma capacidade de interrupção menor do que a corrente de curto-circuito presumida no ponto onde ele está instalado, desde que ele seja completado por um outro dispositivo que tenha a capacidade de interrupção necessária. Se este dispositivo for colocado a montante, ele deve se encontrar na proximidade imediata do primeiro dispositivo de proteção. As características do conjunto formado por esses dois dispositivos devem ser tais que o dispositivo que tenha a menor capacidade de interrupção interrompa as correntes de curto-circuito de intensidade menor do que a sua capacidade de interrupção e que, para as correntes de curto-circuito de intensidade superior, os tempos de atuação deste mesmo dispositivo sejam maiores do que os do outro dispositivo.

6.3.4 Dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão

Por ocasião da seleção dos dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão, devem ser satisfeitas as prescrições de 5.5.

6.3.4.1 Os dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão devem ser constituídos por relés de subtensão atuando sobre contatores ou disjuntores e, ou por seccionadoras para abertura sob carga equipadas com disparador elétrico de abertura.

6.3.4.2 Os dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão podem ser retardados se o funcionamento do equipamento protegido puder admitir, sem inconvenientes, uma falta ou mínima tensão de curta duração.

6.3.4.3 A abertura retardada e o restabelecimento dos dispositivos de proteção não devem, em qualquer caso, impedir o seccionamento instantâneo devido à atuação de outros dispositivos de comando e proteção.

6.3.4.4 Quando o restabelecimento de um dispositivo de proteção for suscetível de criar uma situação de perigo, o restabelecimento não deve ser automático.

6.3.5 Seletividade entre dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

Quando dois ou mais dispositivos de proteção forem colocados em série e quando a segurança ou as necessidades de utilização o justificarem, suas características de funcionamento devem ser escolhidas de forma a somente seccionar a parte da instalação onde ocorreu a falta.

6.3.6 Dispositivos de seccionamento e de comando

Todo dispositivo de seccionamento ou de comando deve satisfazer às suas respectivas especificações. Se um dispositivo for utilizado para mais de uma função, ele deve satisfazer às prescrições de cada uma de suas funções.

NOTA - Em certos casos podem ser necessárias prescrições complementares para as funções combinadas.

6.3.6.1 Dispositivos de seccionamento

6.3.6.1.1 Os dispositivos de seccionamento devem seccionar efetivamente todos os condutores vivos de alimentação do circuito considerado, levando-se em conta as disposições de 6.3.2.1 e 6.3.2.2.

Os equipamentos utilizados para o seccionamento devem satisfazer às prescrições desde a alínea a) desta seção até 6.3.6.1.5.

a) a distância de abertura entre os contatos do dispositivo deve ser visível ou ser clara e confiavelmente indicada pela marcação "Desligado" ou "Ligado". Tal indicação deve aparecer somente quando a distância de abertura entre os contatos de abertura for atendida em todos os pólos do dispositivo;

NOTA - Essa marcação prescrita pode ser realizada pela utilização dos símbolos "O" e "I", indicando, respectivamente, as posições aberta e fechada.

b) os dispositivos a semicondutores não devem ser utilizados como dispositivos de seccionamento.

6.3.6.1.2 Os dispositivos de seccionamento devem ser projetados e instalados de modo a impedir qualquer restabelecimento inadvertido.

NOTA - Um tal estabelecimento pode ser provocado, por exemplo, por choques meânicos ou por vibrações.

6.3.6.1.3 Devem ser tomadas precauções para proteger os dispositivos de seccionamento apropriados para abertura sem carga contra aberturas acidentais ou desautorizadas.

NOTA - Isso pode ser conseguido colocando-se o dispositivo em um local ou invólucro fechado a chave. Uma outra solução seria a de intertravar o dispositivo de seccionamento com outro apropriado para abertura sob carga.

6.3.6.1.4 O seccionamento deve ser garantido por dispositivo multipolar que seccione todos os pólos da alimentação correspondente.

NOTA - O seccionamento pode, por exemplo, ser realizado por meio de:

a) seccionadores, disjuntores;

b) fusíveis (retirada de);

c) barras;

d) terminais especialmente concebidos, que não exijam a retirada de condutores;

e) dispositivos de comando, contatores.

6.3.6.1.5 Os dispositivos utilizados para seccionamento devem ser claramente identificados, por exemplo, por meio de marcas para indicar os circuitos seccionados.

6.3.6.1.6 A instalação de chaves desligadoras e chaves fusíveis deve ser feita de forma a impedir seu fechamento pela ação da gravidade. Quando esta ação atuar no sentido de abertura, as chaves desligadoras devem ser providas de dispositivos de travamento.

6.3.6.1.7 As chaves que não possuem características adequadas para manobra em carga devem ser instaladas com a indicação seguinte, colocada de maneira bem visível "Esta chave não deve ser manobrada em carga".

6.3.6.1.8 As chaves desligadoras simples e chaves fusíveis devem ser dispostas de forma que, quando abertas, as partes móveis não estejam sob tensão.

6.3.6.2 Dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica

6.3.6.2.1 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica devem, de preferência, ser dispostos no circuito principal de alimentação. Quando forem previstos interruptores para essa função, eles devem poder seccionar a corrente de plena carga da parte correspondente da instalação.

NOTA - O seccionamento para manutenção mecânica pode, por exemplo, ser realizado por meio de:

a) interruptores multipolares;

b) disjuntores;

c) dispositivos de comando que possam ser travados na posição aberta, atuando sobre os contatores.

6.3.6.2.2 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica, ou os respectivos dispositivos de comando, devem ser de operação manual. A distância de abertura entre os contatos do dispositivo deve ser visível ou ser clara e confiavelmente indicada pela marcação "Desligado" ou "Ligado". Tal indicação deve aparecer somente quando a posição "Desligado" ou "Ligado" for alcançada em todos os pólos do dispositivo.

NOTA - Essa marcação pode ser realizada pela utilização dos símbolos "O" e "I", indicando, respectivamente, as posições aberta e fechada.

6.3.6.2.3 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica devem ser concebidos e/ou instalados de modo a impedir qualquer restabelecimento inadvertido.

NOTA - Um tal restabelecimento pode ser provocado, por exemplo, por choques meânicos ou por vibrações.

6.3.6.2.4 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica devem ser localizados de modo a serem facilmente identificados e devem ser adequados ao uso previsto.

6.3.6.3 Dispositivos de seccionamento de emergência (incluindo parada de emergência)

6.3.6.3.1 Os dispositivos de seccionamento de emergência devem poder interromper a corrente de plena carga da parte correspondente da instalação.

6.3.6.3.2 Os dispositivos de seccionamento de emergência podem ser constituídos por:

a) um dispositivo de seccionamento capaz de interromper diretamente a alimentação apropriada;

b) uma combinação de dispositivos, desde que acionados por uma única operação que interrompa a alimentação apropriada.

6.3.6.3.3 Os dispositivos de seccionamento a comando manual devem, de preferência, ser escolhidos para o seccionamento direto do circuito principal. Os disjuntores, contatores etc. acionados por comando a distância devem se abrir quando interrompida a alimentação das bobinas, ou outras técnicas que apresentem segurança equivalente devem ser utilizadas.

6.3.6.3.4 Os elementos de comando (punhos, botoeiras etc.) dos dispositivos de seccionamento de emergência devem ser claramente identificados, de preferência pela cor vermelha contrastando com o fundo amarelo.

6.3.6.3.5 Os elementos de comando devem ser facilmente acessíveis a partir dos locais onde possa ocorrer um perigo e, quando for o caso, de qualquer outro local de onde um perigo possa ser eliminado à distância.

6.3.6.3.6 Os elementos de comando de um dispositivo de seccionamento de emergência devem poder ser travados na posição aberta do dispositivo, a menos que esses elementos e os de reenergização do circuito estejam ambos sob o controle da mesma pessoa.

6.3.6.3.7 Os dispositivos de seccionamento de emergência, inclusive os de parada de emergência, devem ser localizados e marcados de modo tal que possam ser facilmente identificados e adequados para o uso previsto.

6.4 Aterramento e condutores de proteção

6.4.1 Generalidades

6.4.1.1 As características e a eficácia dos aterramentos devem satisfazer as prescrições de segurança das pessoas e funcionais da instalação.

6.4.1.2 O valor da resistência de aterramento deve satisfazer as condições de proteção e de funcionamento da instalação elétrica, de acordo com o esquema de aterramento utilizado.

NOTA - O arranjo e as dimensões do sistema de aterramento são mais importantes que o próprio valor da resistência de aterramento. Entretanto, recomenda-se uma resistência da ordem de grandeza de 10 ohms, como forma de reduzir os gradientes de potencial no solo.

6.4.2 Ligações à terra

6.4.2.1 Aterramento

6.4.2.1.1 A seleção e instalação dos componentes dos aterramentos devem ser tais que:

a) o valor da resistência de aterramento obtida não se modifique consideravelmente ao longo do tempo;

b) resistam às solicitações térmicas, termomecânicas e eletromecânicas;

c) sejam adequadamente robustos ou possuam proteção mecânica apropriada para atender às condições de influências externas (ver 4.3).

6.4.2.1.2 Devem ser tomadas precauções para impedir danos aos eletrodos e a outras partes metálicas por efeitos de eletrólise.

6.4.2.1.3 Conexões mecânicas embutidas no solo devem ser protegidas contra corrosão, através de caixa de inspeção com diâmetro mínimo de 250 mm que permita o manuseio de ferramenta. Esta exigência não se aplicaria a conexões entre peças de cobre ou cobreadas, com solda exotérmica.

6.4.2.1.4 Os pára-raios de resistência não linear devem ter ligação a terra, a mais curta possível, na qual devem ser evitados curvas e ângulos pronunciados.

6.4.2.2 Eletrodos de aterramento

6.4.2.2.1 O eletrodo de aterramento deve constituir uma malha sob o piso da edificação, no mínimo um anel circundando o perímetro da edificação. A eficiência de qualquer eletrodo de aterramento depende da sua distribuição espacial e das condições locais do solo; deve ser selecionado um eletrodo adequado às condições do solo, ao valor da resistência de aterramento exigida pelo esquema de aterramento adotado e a tensão de contato máxima de acordo com 5.1.2.1.2.

6.4.2.2.2 Podem ser utilizados os eletrodos de aterramento convencionais, indicados na tabela 39, observando-se que:

a) o tipo e a profundidade de instalação dos eletrodos de aterramento devem ser tais que as mudanças nas condições do solo (por exemplo, secagem) não provoquem uma grande variação na resistência do aterramento;

b) o projeto do aterramento deve considerar o possível aumento da resistência de aterramento dos eletrodos devido à corrosão.

6.4.2.2.3 Podem ser utilizadas como eletrodo de aterramento as fundações da edificação.

6.4.2.2.4 Não devem ser usados como eletrodo de aterramento canalizações metálicas de fornecimento de água e outros serviços, o que não exclui a ligação eqüipotencial.

Tabela 39 - Eletrodos de aterramento convencionais

Tipo de eletrodo	Dimensões mínimas	Observações
Tubo de aço zincado	2,40 m de comprimento e diâmetro nominal de 25 mm	Enterramento totalmente vertical
Perfil de aço zincado	Cantoneira de (20 mm x 20 mm x 3 mm) com 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço zincado	Diâmetro de 15 mm com 2,00 m ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço revestida de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 m ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 m ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Fita de cobre	50 mm² de seção, 2 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição vertical
Fita de aço galvanizado	100 mm² de seção, 3 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição vertical
Cabo de cobre	50 mm² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Posição horizontal
Cabo de aço zincado	95 mm² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Posição horizontal
Cabo de aço cobreado	50 mm² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Posição horizontal

6.4.2.3 Condutores de aterramento

6.4.2.3.1 Os condutores de aterramento devem atender às prescrições gerais de 6.4.3.

6.4.2.3.2 Quando o condutor de aterramento estiver enterrado no solo, sua seção mínima deve estar de acordo com a tabela 40.

Tabela 40 - Seções mínimas convencionais de condutores de aterramento

	Protegido mecanicamente	Não protegido mecanicamente
Protegido contra corrosão	De acordo com 6.4.3.1	Cobre: 16 mm² Aço: 16 mm²
Não protegido contra corrosão	Cobre: 16 mm² (solos ácidos) 25 mm² (solos alcalinos) Aço: 50 mm²	

6.4.2.3.3 Na execução da ligação de um condutor de aterramento a um eletrodo de aterramento, deve-se garantir a continuidade elétrica e a integridade do conjunto.

6.4.2.4 Terminal de aterramento principal

6.4.2.4.1 Onde aplicável, deve ser instalado um terminal ou barra de aterramento principal e os seguintes condutores devem ser a ele ligados:

a) condutor de aterramento;

b) condutores de proteção principais;

c) condutores de eqüipotencialidade principais;

d) condutor neutro, se disponível;

e) condutores de eqüipotencialidade ligados a eletrodos de aterramento de outros sistemas (por exemplo, SPDA);

f) estrutura da edificação.

6.4.2.4.2 Quando forem utilizados eletrodos de aterramento convencionais, deve ser previsto, em local acessível, um dispositivo para desligar o condutor de aterramento. Tal dispositivo deve ser combinado ao terminal ou barra de aterramento principal, de modo a permitir a medição da resistência de aterramento do eletrodo, ser somente desmontável com o auxílio de ferramenta, ser mecanicamente resistente e garantir a continuidade elétrica.

6.4.3 Condutores de proteção

6.4.3.1 Seções mínimas

A seção dos condutores de proteção deve ser:

a) calculada de acordo com 6.4.3.1.1; ou

b) selecionada de acordo com 6.4.3.1.2.

6.4.3.1.1 A seção não deve ser inferior ao valor determinado pela expressão seguinte (aplicável apenas para tempos de atuação dos dispositivos de proteção que não excedam 5 s):

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

onde:

S é a seção do condutor, em milímetros quadrados;

I é o valor (eficaz) da corrente de falta que pode circular pelo dispositivo de proteção, para uma falta direta, em ampères;

t é o tempo de atuação do dispositivo de proteção, em segundos;

NOTA - Deve ser levado em conta o efeito de limitação de corrente das impedâncias do circuito, bem como a capacidade limitadora (integral de Joule) do dispositivo de proteção.

k é o fator que depende das temperaturas iniciais e finais e do material: do condutor de proteção, de sua isolação e outras partes.

As tabelas 41, 42 e 43 dão os valores de *k* para condutores de proteção em diferentes condições de uso ou serviço. Se, ao ser aplicada a expressão, forem obtidos valores não padronizados, devem ser utilizados condutores com a seção normalizada imediatamente superior.

Tabela 41 -Valores de *k* para condutores de proteção providos de isolação, não incorporados em cabos multipolares ou condutores de proteção nus em contato com a cobertura de cabos

	Isolação ou cobertura protetora	
Material do condutor	PVC	EPR ou XLPC
Cobre	143	176
Alumínio	95	116
Aço	52	64

NOTAS

1 A temperatura inicial considerada é de 30°C.

2 A temperatura final do condutoré considerada igual a 160°C para o PVC e a 250°C para o EPR e o XLPE.

Tabela 42 - Valores de *k* para condutores de proteção que sejam veia de cabos multipolares

	Isolação ou cobertura protetora	
Material do condutor	PVC	EPR ou XLPC
Cobre	115	143
Alumínio	76	94

NOTAS

1 A temperatura inicial do condutor é considerada igual a 70°C para o PVC e a 90°C para o EPR e o XLPE.

2 A temperatura final do condutor é considerada igual a 160°C para o PVC e a 250°C para o EPR e o XLPE.

Tabela 43 - Valores de *k* para condutores de proteção nus onde não haja risco de dano em qualquer material vizinho pelas temperaturas indicadas

	Condições		
Material do condutor	Visível e em áreas restritas	Condições normais	Risco de incêndio
Temperatura máxima Cobre K	500°C 228	200°C 159	150°C 138
Temperatura máxima Alumínio K	300°C 125	200°C 105	150°C 91
Temperatura máxima Aço K	500°C 82	200°C 58	150°C 50

NOTAS

1 As temperaturas indicadas são válidas apenas quando não puderem prejudicar a qualidade das ligações.

2 A temperatura inicial considerada é de 30°C.

6.4.3.1.2 A seção do condutor de proteção pode, opcionalmente ao método de cálculo de 6.4.3.1.1, ser determinada através da tabela 44. Se a aplicação da tabela conduzir a valores não padronizados, devem ser usados condutores com a seção normalizada mais próxima. Os valores da tabela 44 são válidos apenas se o condutor de proteção for constituído do mesmo metal que os condutores fase. Caso não seja, sua seção deve ser determinada de modo que sua condutância seja equivalente à da seção obtida pela tabela.

Tabela 44 - Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores fase da instalação S mm²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente S_p mm²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

6.4.3.2 Tipos de condutores de proteção

Podem ser usados como condutores de proteção:

a) veias de cabos multipolares;

b) cabos unipolares ou condutores nus num conduto comum aos condutores vivos;

c) cabos unipolares ou condutores nus independentes;

d) proteções metálicas ou blindagens de cabos.

6.4.3.3 Preservação da continuidade elétrica dos condutores de proteção

6.4.3.3.1 Os condutores de proteção devem estar convenientemente protegidos contra as deteriorações mecânicas, químicas e eletroquímicas e forças eletrodinâmicas.

6.4.3.3.2 As conexões devem estar acessíveis para verificações e ensaios.

6.4.3.3.3 Nenhum dispositivo de comando ou proteção deve ser inserido no condutor de proteção, porém podem ser utilizadas conexões desmontáveis por meio de ferramentas, para fins de ensaio.

6.4.3.3.4 As partes condutoras expostas de equipamentos não devem ser utilizadas como partes de condutores de proteção.

6.4.4 Condutores de eqüipotencialidade

6.4.4.1 Os condutores de eqüipotencialidade da ligação eqüipotencial principal devem possuir seções que não sejam inferiores à metade da seção do condutor de proteção de maior seção da instalação, com um mínimo de 16 mm².

6.4.4.2 Um condutor de eqüipotencialidade de uma ligação eqüipotencial suplementar ligando duas massas deve possuir uma seção equivalente igual ou superior à seção do condutor de proteção de menor seção ligado a essas massas.

Um condutor de eqüipotencialidade de uma ligação eqüipotencial suplementar ligando uma massa a um elemento condutor estranho à instalação deve possuir uma seção equivalente igual ou superior à metade da seção do condutor de proteção ligado a essa massa.

Uma ligação eqüipotencial suplementar pode ser assegurada por elementos condutores estranhos à instalação não desmontáveis, tais como estruturas metálicas, ou por condutores suplementares ou por uma combinação dos dois tipos.

6.5 Outros equipamentos

6.5.1 Transformadores, autotransformadores e bobinas de indutância

Quando um transformador é levado a alimentar um circuito desequilibrado parcialmente ou totalmente, as condições de funcionamento e as garantias correspondentes (variação relativa de tensão, aquecimentos etc.) devem ser acordadas com o fabricante do mesmo.

Devem ser previstos dispositivos de supervisão, regulagem e comando na medida em que estes dispositivos forem necessários ao uso correto dos transformadores e quando a importância desses transformadores e a do serviço que é por estes garantido o justifiquem.

Neste caso, se um transformador comportar muitos elementos monofásicos, cada um deles deve ser munido de um dispositivo de supervisão.

Os transformadores de potência devem ser protegidos contra defeitos internos, sobrecargas e curtos-circuitos e, em certos casos, contra defeitos de isolamento à massa e sobretensões.

6.5.2 Transformadores de medição

Os transformadores de medição devem estar dispostos de forma a serem facilmente acessíveis para sua verificação ou eventual substituição.

6.5.2.1 Transformadores de tensão

O secundário dos transformadores de tensão deve ser protegido contra os defeitos a jusante por fusíveis de baixa tensão, salvo em casos particulares. Estes fusíveis devem ser colocados em um cofre com cadeado independente da alta tensão, sendo que o acesso aos transformadores deve ser possível somente após seccionamento de seu circuito primário.

6.5.2.2 Transformadores de corrente

As seguintes prescrições aplicam-se aos transformadores de corrente:

a) os valores limites térmicos de corrente de curta duração de um transformador devem ser escolhidos em função do valor máximo da corrente de curto-circuito presumida no local onde o transformador é instalado e do eventual poder limitador do dispositivo de proteção contra os curtos-circuitos;

b) os transformadores de corrente destinados às medições devem ser escolhidos de tal maneira que os aparelhos de medição que eles alimentam não sejam danificados quando a corrente primária atinge o valor da corrente de curto-circuito no ponto da instalação;

c) os transformadores de corrente destinados a proteção devem ser escolhidos de modo que seu fator limite de precisão seja suficientemente elevado para que os erros de corrente em caso de curto-circuito não sejam muito grandes;

d) transformadores de corrente devem ser providos de meios para curto-circuitar seus bornes secundários.

7 Verificação final

7.1 Prescrições gerais

7.1.1 Toda instalação, extensão ou alteração de instalação existente deve ser visualmente inspecionada e ensaiada, durante e/ou quando concluída a instalação, antes de ser colocada em serviço pelo usuário, de forma a se verificar, tanto quanto possível, a conformidade com as prescrições desta Norma.

7.1.2 Deve ser fornecida a documentação da instalação, conforme 6.1.7, às pessoas encarregadas da verificação, na condição de documentação como construído (*as built*).

7.1.3 Durante a realização da inspeção e dos ensaios, devem ser tomadas precauções que garantam a segurança das pessoas e evitem danos à propriedade e aos equipamentos instalados.

7.1.4 Quando a instalação a ser verificada constituir uma extensão ou alteração de instalação existente, deve ser verificado se esta não anula as medidas de segurança da instalação existente.

7.1.5 A partir desta verificação deve ser elaborado um laudo que certifique a conformidade da instalação com esta Norma, por profissional devidamente habilitado e/ou credenciado.

7.2 Inspeção visual

A inspeção visual deve preceder os ensaios e deve ser realizada com a instalação desenergizada.

7.2.1 A inspeção visual deve ser realizada para confirmar se os componentes elétricos permanentemente conectados estão:

a) em conformidade com os requisitos de segurança das normas aplicáveis;

NOTA - Isto pode ser verificado pela avaliação da conformidade do componente, por exemplo, pela marca de conformidade.

b) corretamente selecionados e instalados de acordo com esta Norma e o projeto da instalação;

c) não visivelmente danificados, de modo a restringir sua segurança.

d) desimpedidos de restos de materiais, ferramentas ou outros objetos que venham a comprometer seu isolamento.

7.2.2 A inspeção visual deve incluir no mínimo a verificação dos seguintes pontos, quando aplicáveis:

a) medidas de proteção contra choques elétricos, incluindo medição de distâncias relativas à proteção por barreiras ou invólucros, por obstáculos ou pela colocação fora de alcance;

b) presença de barreiras contra fogo e outras precauções contra propagação de incêndio e proteção contra efeitos térmicos;

c) seleção de condutores, de acordo com sua capacidade de condução de corrente e queda de tensão;

d) escolha e ajuste dos dispositivos de proteção e monitoração;

e) presença de dispositivos de seccionamento e comandos, corretamente localizados;

f) seleção dos componentes e das medidas de proteção de acordo com as influências externas;

g) identificação dos condutores neutro e de proteção;

h) presença de esquemas, avisos e outras informações similares;

i) identificação dos circuitos, dispositivos fusíveis, disjuntores, seccionadoras, terminais, transformadores etc.;

j) correta execução das conexões;

l) conveniente acessibilidade para operação e manutenção.

m) medição das distâncias mínimas entre fase e neutro.

7.3 Ensaios

7.3.1 Prescrições gerais

Os ensaios da instalação devem incluir no mínimo os seguintes:

a) continuidade elétrica dos condutores de proteção e das ligações eqüipotenciais principais e suplementares;

b) resistência de isolamento da instalação elétrica;

c) ensaio de tensão aplicada;

d) ensaio para determinação da resistência de aterramento;

e) ensaios recomendados pelos fabricantes dos equipamentos;

f) ensaios de funcionamento;

Os ensaios devem ser realizados com valores compatíveis aos valores nominais dos equipamentos utilizados e o valor nominal de tensão da instalação.

7.3.1.1 No caso de não-conformidade em qualquer dos ensaios, este deve ser repetido, após a correção do problema, bem como todos os ensaios precedentes que possam ter sido influenciados.

7.3.1.2 Os métodos de ensaios aqui descritos são fornecidos como métodos de referência; outros métodos, no entanto, podem ser utilizados, desde que, comprovadamente, produzam resultados não menos confiáveis.

7.3.2 Continuidade elétrica dos condutores de proteção e das ligações eqüipotenciais principal e suplementares

Um ensaio de continuidade deve ser realizado. Recomenda-se que a fonte de tensão tenha uma tensão em vazio entre 4 V e 24 V, em corrente contínua ou alternada. A corrente de ensaio deve ser de no mínimo 0,2 A.

7.3.3 Resistência de isolamento da instalação

7.3.3.1 A resistência de isolamento deve ser medida:

a) entre os condutores vivos, tomados dois a dois;

b) entre cada condutor vivo e a terra.

Durante esta medição os condutores fase e neutro podem ser interligados.

7.3.3.2 A resistência de isolamento deve atender aos valores mínimos especificados nas normas aplicáveis aos componentes da instalação. Esses valores são fornecidos pelos fabricantes de cada componente da instalação.

7.3.4 Ensaio de tensão aplicada

Este ensaio deve ser realizado em equipamento construído ou montado no local da instalação, de acordo com o método e valores limites de ensaio descrito nas normas aplicáveis ao equipamento ou quando recomendado pelo seu fabricante.

7.3.5 Ensaio para determinação da resistência de aterramento

7.3.5.1 Este ensaio deve ser realizado toda a vez que houver instalação ou ampliação de malhas de terra visando a garantir o atendimento dos valores previstos em projeto.

7.3.5.2 Para a realização desse ensaio todos os cuidados referentes à segurança devem ser tomados, principalmente no caso das ampliações nas instalações em operação. Nesses casos é muitas vezes necessário o desligamento total das instalações.

7.3.6 Ensaios recomendados pelos fabricantes dos equipamentos

Todos os equipamentos que possuírem condições especiais de instalações devem sofrer a inspeção de sua montagem com base nas informações fornecidas pelos seus fabricantes. Nos documentos apropriados pode ser verificada a necessidade de ensaios especiais nos equipamentos que fazem parte integrante da sua aprovação para energização.

NOTA - São citados como exemplos de ensaios especiais:

a) ensaio de rigidez dielétrica do óleo isolante - aplicável a transformadores, disjuntores e chaves seccionadoras;

b) ensaio de fator de potência - aplicável a transformadores, máquinas elétricas de grande porte e geradores;

c) ensaio de cromatografia de gases e análises físico-químicas de óleos isolantes - aplicável a transformadores de força;

d) ensaio de tempos de operação - aplicável a disjuntores;

e) ensaios de resistência de contatos elétricos - aplicável a disjuntores e barramentos de alta capacidade de corrente;

f) ensaio de tensão aplicada - aplicável a cabos elétricos, equipamentos isolados a vácuo e a gás SF_6.

7.3.7 Ensaios de funcionamento

7.3.7.1 Montagens tais como quadros, acionamentos, controles, intertravamentos, comandos etc. devem ser submetidas a um ensaio de funcionamento para verificar se o conjunto está corretamente montado, ajustado e instalado em conformidade com esta Norma e filosofia operativa de projeto.

7.3.7.2 Dispositivos de proteção devem ser submetidos a ensaios de funcionamento, se necessários e aplicáveis, para verificar se estão corretamente instalados e ajustados.

8 Manutenção e operação

8.1 Condições gerais

Antes da realização de qualquer serviço de manutenção e/ou operação, devem ser atendidas as prescrições de 8.1.1 a 8.1.7.

8.1.1 Sempre que aplicável, a instalação a ser verificada deve ser desenergizada após a manobra de desenergização, todas as partes vivas devem ser ensaiadas quanto à presença de energia mediante dispositivos de detecção compatíveis ao nível de tensão da instalação.

Todo equipamento e/ou instalação desenergizado deve ser aterrado, conforme esquema de aterramento adotado (ver 4.2.3) e proteção contra contato direto e contato indireto (ver 5.1.1 e 5.1.2).

Toda instalação e/ou todo equipamento desenergizado deve ser bloqueado e identificado, conforme esquema de aterramento adotado (ver 4.2.3) e proteção contra contato direto e contato indireto (ver 5.1.1 e 5.1.2).

NOTA - Antes de proceder ao aterramento de uma instalação desenergizada, deve-se garantir que não haja carga residual ou cumulativa, efetuando-se primeiro a sua descarga elétrica.

8.1.2 Os dispositivos e as disposições adotados para garantir que as partes vivas fiquem fora do alcance podem ser retirados para uma melhor verificação, devendo ser impreterivelmente restabelecidos ao término da manutenção.

8.1.3 Deve-se garantir a confiabilidade dos instrumentos de medição e do ensaio, calibrando-os conforme orientação do fabricante.

8.1.4 Os acessos de entrada e saída aos locais de manutenção devem ser desobstruídos, sendo obrigatória a inclusão de sinalização adequada que impossibilite a entrada de pessoas não BA4 e BA5, conforme tabela 12.

8.1.5 Qualquer manobra, programada ou de emergência, deve ser efetuada somente com a autorização de pessoa qualificada (BA5), conforme tabela 12.

8.1.6 Qualquer manobra deve ser efetuada por no mínimo duas pessoas, sendo que uma delas deve ser BA5.

8.1.7 É obrigatório o uso de EPC (equipamentos de proteção coletiva) e EPI (equipamentos de proteção individual) apropriados, em todos os serviços de manutenção das instalações elétricas de média tensão.

NOTA - Os envolvidos no serviço devem ter conhecimento dos procedimentos que vierem a ser executados.

8.2 Manutenção

8.2.1 Periodicidade

A periodicidade da manutenção deve adequar-se a cada tipo de instalação, considerando-se, entre outras, a sua complexidade e importância, as influências externas e a vida útil dos componentes.

8.2.2 Manutenção preventiva

Manutenção preventiva é aquela efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

8.2.2.1 Cabos e acessórios

Devem ser inspecionados o estado dos cabos e seus respectivos acessórios, assim como os dispositivos de fixação e suporte, observando sinais de aquecimento excessivo, rachaduras, ressecamento, fixação, identificação e limpeza.

8.2.2.2 Conjunto de manobra e controle

Deve ser verificada a estrutura do conjunto de manobra e controle, observando seu estado geral quanto a fixação, danos na estrutura, pintura, corrosão, fechaduras e dobradiças. Deve ser verificado o estado geral dos condutores e dispositivos de aterramento.

No caso de componentes com partes internas móveis, devem ser inspecionados, quando o componente permitir, o estado dos contatos e das câmaras de arco, sinais de aquecimento, limpeza, fixação, ajustes e aferições. Se possível, devem ser realizadas algumas manobras no componente, verificando seu funcionamento.

No caso de componentes fixos, deve ser inspecionado o estado geral, observando sinais de aquecimento, fixação, identificação, ressecamento e limpeza.

8.2.2.3 Equipamentos móveis

As ligações flexíveis que alimentam equipamentos móveis devem ser verificadas conforme 8.2.2.2, bem como a sua adequada articulação.

8.2.2.4 Ensaio geral

Ao término das verificações e ensaios deve ser efetuado um ensaio geral de funcionamento, simulando todas as situações de comando, seccionamento, proteção e sinalização, observando também os ajustes e aferições dos componentes (relés, sensores, temporizadores etc.), bem como a utilização de fusíveis, disjuntores, chaves seccionadoras etc., em conformidade com o projeto.

8.2.3 Manutenção corretiva

8.2.3.1 Manutenção corretiva é aquela que é efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

8.2.3.2 Toda instalação ou parte dela, que por qualquer motivo coloque em risco a segurança dos seus usuários, deve ser imediatamente desenergizada, no todo ou na parte afetada, e somente deve ser recolocada em serviço após reparação satisfatória.

8.2.3.3 Toda falha ou anomalia constatada nas instalações, ou componentes ou equipamentos elétricos, ou em seu funcionamento, deve ser comunicada à pessoa qualificada (BA5), para fins de reparação, notadamente quando os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes ou contra choques elétricos atuarem sem causa conhecida.

8.3 Operação

8.3.1 Somente é admitida a operação de instalações de média tensão por pessoal qualificado (BA5).

8.3.2 É obrigatório o uso de EPC (equipamentos de proteção coletiva) e EPI (equipamentos de proteção individual) apropriados em todos os serviços de operação das instalações elétricas de média tensão, exceto nos casos de operação remota, onde as medidas de proteção contra contato direto e indireto devem atender à NBR 5410.

9 Subestações

9.1 Disposições gerais

9.1.1 As subestações podem ser abrigadas ou ao tempo. Quanto à sua posição em relação ao solo, podem ser instaladas na superfície, abaixo da superfície do solo (subterrânea) ou acima da superfície do solo (aérea).

9.1.2 As subestações devem ter características de construção definitiva, ser de materiais incombustíveis e de estabilidade adequada, oferecendo condições de bem-estar e segurança aos operadores, quando estes se fizerem necessários.

9.1.3 As subestações devem ser localizadas de forma a permitir fácil acesso a pessoas, materiais e equipamentos, para operação e manutenção, e possuir adequadas dimensões, ventilação e iluminação natural ou artificial compatível com a sua operação e manutenção.

9.1.4 As subestações podem ou não ser parte integrante de outras edificações, devem atender a requisitos de segurança e ser devidamente protegidas contra danos acidentais decorrentes do meio ambiente.

9.1.5 Nas instalações internas e externas, os afastamentos entre partes vivas devem ser os indicados na tabela 21. Estes afastamentos devem ser tomados entre extremidades mais próximas e não de centro a centro.

9.1.6 O acesso a subestações somente é permitido a pessoas BA4 e BA5, sendo proibido o acesso a pessoas BA1.

9.1.7 Os equipamentos de controle, proteção, manobra e medição, operando em baixa tensão, devem constituir conjunto separado, a fim de permitir fácil acesso, com segurança, a pessoas qualificadas, sem interrupção de circuito de média tensão.

9.1.8 A disposição do equipamento deve oferecer condições adequadas de operação, segurança e facilidade de substituição do todo ou parte.

9.1.9 Devem ser fixadas placas com os dizeres “Perigo de morte” e o respectivo símbolo nos seguintes locais:

a) externamente, nos locais possíveis de acesso;

b) internamente, nos locais possíveis de acesso às partes energizadas.

9.1.10 No interior das subestações deve estar disponível, em local acessível, um esquema geral da instalação.

9.1.11 Todos os dizeres das placas e da documentação devem ser em língua portuguesa, sendo permitido o uso de línguas estrangeiras adicionais.

9.1.12 Nas instalações de equipamentos que contenham líquido isolante inflamável com volume superior a 100 L devem ser observadas as seguintes precauções:

a) construção de barreiras incombustíveis entre os equipamentos ou outros meios adequados para evitar a propagação de incêndio;

b) construção de dispositivo adequado para drenar ou conter o líquido proveniente de eventual vazamento.

9.2 Subestações abrigadas

9.2.1 Prescrições gerais

9.2.1.1 As subestações abrigadas são aquelas nas quais os seus componentes estão ao abrigo das intempéries.

9.2.1.2 Os corredores de controle e manobra e os locais de acesso devem ter dimensões suficientes para que haja espaço livre mínimo de circulação de 0,70 m, com todas as portas abertas, na pior condição ou equipamentos extraídos em manutenção.

Havendo equipamentos de manobra, deve ser mantido o espaço livre em frente aos volantes e alavancas. Em nenhuma hipótese esse espaço livre pode ser utilizado para outras finalidades.

9.2.1.3 As subestações devem ter iluminação artificial, obedecendo aos níveis de iluminamento fixados pela NBR 5413, e iluminação natural, sempre que possível. As janelas e vidraças utilizadas para este fim devem ser fixas e protegidas por meio de telas metálicas resistentes, com malhas de 13 mm, no máximo, e de 5 mm, no mínimo, quando sujeitas a possíveis danos. O uso de vidro aramado dispensa a tela de proteção.

As subestações devem ser providas de iluminação de segurança, com autonomia mínima de 2 h.

9.2.1.4 As subestações devem possuir ventilação natural, sempre que possível, ou forçada.

9.2.1.5 No local de funcionamento do equipamento, a diferença entre a temperatura interna, medida a 1 m da fonte de calor a plena carga, e a externa, medida à sombra, não deve ultrapassar 15°C.

9.2.1.6 No local de permanência interna dos operadores, a temperatura ambiente não pode ser superior a 35°C. Em regiões onde a temperatura externa, à sombra, exceder esse limite, a temperatura ambiente no local da permanência pode, no máximo, igualar a temperatura externa. Quando esta condição não puder ser conseguida mantendo os ambientes em conjunto, o local de permanência dos operadores deve ser separado.

9.2.1.7 As aberturas para ventilação natural devem ser convenientes dispostas, de modo a promover circulação do ar.

9.2.1.8 No caso de ventilação forçada, quando o ar aspirado contiver em suspensão poeira ou partículas provenientes da fabricação, as tomadas de ar devem ser providas de filtros adequados.

9.2.1.9 Nas subestações situadas em ambiente de natureza corrosiva, o ar deve ser aspirado do exterior e o local deve ser mantido sob pressão superior à do ambiente de natureza corrosiva. Devem ser previstos dispositivos de alarme ou desligamento automático, no caso de falha deste sistema.

9.2.1.10 A fim de evitar a entrada de chuva, enxurrada e corpos estranhos, as aberturas para ventilação devem ter as seguintes características:

a) devem se situar no mínimo 20 cm acima do piso exterior;

b) devem ser construídas em forma de chicana;

c) devem ser protegidas externamente por tela metálica resistente, com malha de abertura mínima de 5 mm e máxima de 13 mm.

9.2.1.11 Nas entradas subterrâneas, do lado externo, o cabo deve ser protegido por eletroduto metálico, classe pesada, no trecho exposto, até a altura mínima de 3 m acima do nível do solo.

9.2.1.12 Todas as partes vivas acessíveis do lado normal de operação devem ser providas de anteparos suficientemente rígidos e incombustíveis, com proteção contra contatos acidentais.

9.2.1.13 Quando tratar-se de cabina metálica, esta deve estar em conformidade com o prescrito na NBR 6979.

9.2.2 Instalações na superfície e acima da superfície do solo

As subestações devem ser providas de portas metálicas, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m. Todas as portas devem abrir para fora.

9.2.3 Subestações subterrâneas

9.2.3.1 Estas subestações devem ter impermeabilização total contra infiltração de água.

NOTA - Nos casos em que a impermeabilização não for viável ou não puder evitar a infiltração de água, deve ser implementado um sistema de drenagem.

9.2.3.2 As subestações devem ser providas no mínimo de uma abertura para serviço ou emergência, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m, quando laterais, e ter dimensões suficientes para permitir a inscrição de círculo de no mínimo 0,60 m, quando localizados no teto.

9.2.3.3 Quanto à proteção contra invasão de águas, admitem-se os seguintes tipos:

a) de porta estanque;

b) com desembocadura a céu aberto (localização em encosta, com escoamento natural).

NOTAS

1 No primeiro caso, deve ser prevista entrada de emergência, não sujeita à inundação. No segundo caso, a desembocadura deve ser provida de tela, para evitar a entrada de animais. Não sendo possível a construção de recintos com as características acima, o equipamento e a instalação devem ser à prova d'água (do tipo submersível).

2 As subestações semi-enterradas aplicam-se a essas mesmas disposições, sendo entretanto desnecessário o emprego de porta estanque e equipamento submersível, desde que não estejam sujeitos a inundações.

9.2.3.4 As aberturas de acesso de serviço e emergência devem abrir para fora e apresentar facilidade de abertura pelo lado interno.

9.2.3.5 Devem ser previstos meios adequados para a instalação inicial e eventual substituição/remoção posterior dos componentes individuais.

9.2.3.6 Os acessos podem ser do tipo chaminé, devendo, nesse caso, ter altura suficiente de modo a impedir inundação.

9.2.3.7 Todas as entradas e saídas de condutos devem ser obturadas de maneira a assegurar a estanqueidade da subestação.

9.3 Subestações ao tempo

9.3.1 Disposições gerais

9.3.1.1 As subestações ao tempo são aquelas nas quais os seus componentes estão sujeitos à ação das intempéries.

9.3.1.2 Nas subestações ao tempo, todo equipamento deve ser resistente às intempéries, em conformidade com 4.3.

9.3.2 Subestações instaladas na superfície do solo

9.3.2.1 Estas instalações devem ser providas, à sua volta, de elementos de proteção, a fim de evitar a aproximação de pessoas BA1, BA2, BA3 e de animais.

9.3.2.2 Quando usada tela como proteção externa, esta deve ter malhas de abertura máxima de 50 mm e ser constituída de aço zincado de diâmetro 3 mm, no mínimo, ou material de resistência mecânica equivalente.

9.3.2.3 Devem ser fixadas placas com os dizeres "Perigo de morte" e um símbolo em local bem visível do lado externo; em todas as faces da proteção externa e junto ao acesso.

9.3.2.4 A parte inferior da proteção deve ficar no máximo 10 cm acima da superfície do solo.

9.3.2.5 O sistema de proteção externo, quando metálico, deve ser ligado à terra, satisfazendo, no que couber, as condições prescritas em 5.1.

9.3.2.6 O acesso a pessoal BA4 e BA5 deve ser feito por meio de porta, abrindo para fora, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m. Quando utilizada também para acesso de materiais, a porta deve ter dimensões adequadas. A porta deve ser provida de fecho de segurança externo, permitindo livre abertura do lado interno.

9.3.2.7 A instalação deve ser dotada de sistema adequado de escoamento de águas pluviais.

9.3.2.8 As subestações devem ter iluminação artificial, obedecendo aos níveis de iluminamento fixados pela NBR 5413 e iluminação natural, sempre que possível. As janelas e vidraças utilizadas para este fim devem ser fixas e protegidas por meio de telas metálicas resistentes, com malhas de 13 mm, no máximo, e de 5 mm, no mínimo, quando sujeitas a possíveis danos. O uso de vidro aramado dispensa a tela de proteção.

As subestações devem ser providas de iluminação de segurança, com autonomia mínima de 2 h.

9.3.2.9 Nas instalações de equipamentos que contenham líquido isolante devem ser observadas as prescrições de 5.8.

9.3.3 Subestações instaladas acima da superfície do solo

9.3.3.1 Todas as partes vivas não protegidas em áreas de circulação de pessoal BA1 devem estar situadas no mínimo a 5 m acima da superfície do solo.

Quando não for possível observar a altura mínima de 5 m para as partes vivas, pode ser tolerado o limite de 3,5 m, desde que o local seja provido de um anteparo horizontal em tela metálica ou equivalente, devidamente ligado à terra, com as seguintes características:

a) afastamento mínimo de 40 cm das partes vivas;

b) malha de 50 mm de abertura, no máximo;

c) fios de aço zincado ou material equivalente, de 3 mm de diâmetro, no mínimo.

9.3.3.2 A disposição do equipamento deve prever espaço livre de segurança, que permita o acesso de uma pessoa BA4 ou BA5 para fins de manobras, inspeção ou manutenção, com dimensões tais que seja possível a inscrição de um cilindro reto, de eixo vertical, com diâmetro mínimo de 0,60 m e altura suficiente para permitir o acesso às partes mais elevadas.

9.3.3.3 As estruturas de suporte dos equipamentos devem oferecer condições adequadas de operação, segurança e manutenção.

9.3.3.4 O equipamento pode ser instalado sobre:

a) postes ou torres de aço, concreto ou madeira adequada, conforme NBR 5433 ou NBR 5434;

b) plataformas elevadas sobre estrutura de concreto, aço ou madeira adequada, conforme NBR 5433 ou NBR 5434;

c) áreas sobre a cobertura de edifícios, inacessíveis a pessoas BA1 ou providas do necessário sistema de proteção externa. Neste equipamento não é permitido o emprego de líquido isolante inflamável.

9.4 Subestação de transformação

9.4.1 As subestações de transformação são instalações destinadas a transformar qualquer das grandezas da energia elétrica, dentro do âmbito desta Norma.

9.4.2 Deve ser dispensada especial atenção aos aparelhos com carcaça sob tensão, os quais devem ter sinalização indicadora de perigo.

9.4.3 Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação industrial, somente é permitido o emprego de transformadores de líquidos isolantes não inflamáveis ou transformadores a seco e disjuntores a vácuo ou SF6.

NOTA - Considera-se como parte integrante, o recinto não isolado ou desprovido de paredes de alvenaria e portas corta-fogo.

9.4.4 Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação residencial e/ou comercial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco e disjuntores a vácuo ou SF6, mesmo que haja paredes de alvenaria e portas corta-fogo.

9.4.5 No caso de instalação de transformadores em ambientes perigosos, o equipamento deve obedecer às normas específicas.

9.4.6 Quando o dispositivo de manobra que alimenta um equipamento situar-se em uma posição não visível, sob o ponto de vista do operador deste equipamento, deve ser empregada uma chave desligadora junto a esse equipamento. Quando a chave desligadora não tiver capacidade de interrupção para a corrente de carga, esta deve ser intertravada com o dispositivo de manobra.

9.5 Subestação de controle e manobra

9.5.1 As subestações de controle e manobra são instalações destinadas a controlar qualquer das grandezas da energia elétrica, ligar ou desligar circuitos elétricos ou, ainda, prover meios de proteção para esses circuitos.

9.5.2 Deve situar-se na posição mais conveniente para sua operação, podendo localizar-se no mesmo recinto das subestações de medição ou de transformação.

9.5.3 Os instrumentos indicadores e dispositivos de controle e manobra devem ser agrupados de maneira a facilitar as operações. Esse agrupamento deve obedecer ao critério de separação dos diversos circuitos e linhas com devida identificação.

9.5.4 Não é permitido o emprego exclusivo de intertravamento elétrico em aparelhos contíguos, onde possíveis falhas daquele ocasionem danos a pessoas ou coisas.

Quando, no caso de aparelhos não contíguos, o intertravamento mecânico não for possível, a execução do intertravamento elétrico deve ser complementada com outra medida redundante.

/ANEXO A

Anexo A (normativo)

Duração máxima da tensão de contato presumida

(L para a situação 1 e Lp para a situação 2)